



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN
MATRICES ACUOSAS DEL RÍO PILOTO, CANTÓN SANTA ROSA, EL
ORO, ECUADOR, PERÍODO 2019-2020

AGILA CELI BRYAN GERARDO
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

ASTUDILLO PATIÑO LIZBETH DEL CISNE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN
MATRICES ACUOSAS DEL RÍO PILOTO, CANTÓN SANTA
ROSA, EL ORO, ECUADOR, PERÍODO 2019-2020

AGILA CELI BRYAN GERARDO
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

ASTUDILLO PATIÑO LIZBETH DEL CISNE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN MATRICES
ACUOSAS DEL RÍO PILOTO, CANTÓN SANTA ROSA, EL ORO, ECUADOR,
PERÍODO 2019-2020

AGILA CELI BRYAN GERARDO
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

ASTUDILLO PATIÑO LIZBETH DEL CISNE
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE

MACHALA, 07 DE MAYO DE 2020

MACHALA
2020

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN MATRICES ACUOSAS DEL RÍO PILOTO, CANTÓN SANTA ROSA, EL ORO, ECUADOR, PERÍODO 2019-2020, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE
0704633692
TUTOR - ESPECIALISTA 1



LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES
0704798776
ESPECIALISTA 2



MORALES AUZ JAIME ROBERTO
0701132904
ESPECIALISTA 3

Machala, 07 de mayo de 2020

Evaluación de la concentración de arsénico en matrices acuosas del río Piloto, cantón Santa Rosa, El Oro, Ecuador periodo 2019-2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

"Arsenic in Drinking Water and Food", Springer
Science and Business Media LLC, 2020

Publicación

<1%

2

www.cepis.org.pe

Fuente de Internet

<1%

3

Submitted to Universidad Nacional Mayor de
San Marcos

Trabajo del estudiante

<1%

4

Submitted to Universidad Wiener

Trabajo del estudiante

<1%

5

www.camuzzi.com.ar

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Universidad San Jorge

Trabajo del estudiante

<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, AGILA CELI BRYAN GERARDO y ASTUDILLO PATIÑO LIZBETH DEL CISNE, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN MATRICES ACUOSAS DEL RÍO PILOTO, CANTÓN SANTA ROSA, EL ORO, ECUADOR, PERÍODO 2019-2020, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 07 de mayo de 2020


AGILA CELI BRYAN GERARDO
0707140414


ASTUDILLO PATIÑO LIZBETH DEL CISNE
0704705904

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por haber hecho hasta lo imposible para poder estudiar, a mis hermanos por su comprensión en las noches de estudios que no los dejaba descansar.

-Bryan Gerardo Agila Celi-

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos y cuñadas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis sobrinos por ser mi motor para conseguir esta meta y convertirme en su ejemplo a seguir.

A mi compañero de tesis por el apoyo constante durante este proceso.

En especial a esos seres especiales que desde el cielo me guían Rosa y Yanina.

-Lizbeth Del Cisne Astudillo Patiño-

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haber permitido terminar con éxito esta etapa en mi vida, a mis padres por todo el cariño que me brindan, a mis hermanos por su amistad y amor que me dan. A mis compañeros de clases que a pesar de las diferencias siempre supimos salir adelante.

También tengo que agradecer a todas las personas que me ayudaron a formar académicamente y profesionalmente, mis más sinceros agradecimientos.

-Bryan Gerardo Agila Celi-

Agradezco a mis docentes de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Dra. Marisela Segura principal colaboradora durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

-Lizbeth Del Cisne Astudillo Patiño-

RESUMEN

En la actualidad el deterioro por la contaminación del líquido vital para los seres vivos está siendo una de las problemáticas que engloba a la salud humana y que pone en nivel crítico a los países en desarrollo a nivel mundial. Actualmente el Cantón Santa Rosa provincia de El Oro sufre los mayores estragos provocados por la minería indiscriminada ya que los desechos producidos en varias plantas de minería son arrojados a los Ríos de los diferentes sitios de este Cantón y a pesar de que el agua atraviesa por un tratamiento previo en la planta de agua Potable, ninguno de estos puede contrarrestar o eliminar los metales contaminantes, esta contaminación crece desmedidamente ya que los mineros hacen caso omiso sobre esta problemática y solo buscan su beneficio económico provocando así el deterioro de la salud de los pobladores.

Por ende, el presente trabajo de carácter investigativo se lo realizó para cumplir con el objetivo de Evaluar los niveles de arsénico en matrices acuosas del río Piloto del Cantón Santa Rosa a través de espectrofotometría de absorción atómica en los meses de Diciembre, Enero, Febrero para la cuantificación del nivel de contaminación por este analito.

Para la respectiva investigación se tomaron 63 muestras de matrices acuosas del río Piloto cantón Santa Rosa provincia de el Oro cuyo estudio duró tres meses, fueron tomadas tres muestras por mes en los diferentes puntos y se lo realizó en las primeras horas de la mañana, los puntos de muestreo fueron los siguientes: La Chonta (6H00 am), Guayabo Alto (6H20 am), El Guayabo (6H45 am), La Aurelia (7H30 am), El Vado (8H00 am) Limón Playa (8H30 am), Las Colinas (9H00 am) en los cuales se pudo constatar los siguientes resultados: En todas las muestras analizadas en los diferentes puntos las concentraciones de Arsénico sobrepasaban el límite permisible (0,05 mg/L) por la Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua Libro VI Anexo I.

Se concluyó que las concentraciones de arsénico en las matrices acuosas de los diferentes puntos fueron: La Chonta (0,774 mg/L), Guayabo Alto (1,426 mg/L), El Guayabo (0,388 mg/L), La Aurelia (1,663 mg/L), El Vado (0,732 mg/L), Limón Playa (1,468 mg/L), Las Colinas (1,149 mg/L), por otra parte, en los meses de Diciembre 2019, Enero y Febrero 2020 la mayor concentración de Arsénico se encuentra en el sitio la Aurelia arrojando 1,663 mg/L en las matrices acuosas acorde a los resultados arrojados por la investigación. La concentración de Arsénico en el mes de Diciembre fue 1,019 mg/L, en el mes de Enero 1,093 mg/L y Febrero 1,144 mg/L, las cuales están fuera del límite permisible comparándolas con la normativa de la OMS y la Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I. Finalmente las concentraciones de Arsénico en las muestras acuosas presentan un nivel muy elevado comparado con las concentraciones del estudio realizado por el Área de Gestión Ambiental del Municipio de Santa Rosa concluyendo que la variabilidad se da por el horario de toma de muestra y el previo aviso a la comunidad.

PALABRAS CLAVES: Matrices Acuosas, Arsénico, Espectrofotometría de Absorción atómica

ABSTRACT

At present, the displacement of water by to pollution is one of the main problems that encompasses human health and that puts developing countries worldwide at the critical level. Currently, the Santa Rosa Canton province of El Oro suffers the greatest ravages caused by indiscriminate mining since the waste produced in several mining plants is thrown into the Rivers of the different sites of this Canton and despite the fact that water passes through a treatment prior to the Potable water plant, none of these can counteract or eliminate contaminating metals, this pollution grows excessively since the miners ignore this problem and only seek its economic benefit thus causing damage to the health of the residents.

Therefore, this research work was carried out to meet the objective of assessing arsenic levels in aqueous matrices of the Piloto River of the Santa Rosa Canton through atomic absorption spectrophotometry in the months of December, January, February for the quantification of the level of contamination by this analyte.

For the respective investigation, 63 samples of aqueous matrices were taken from the Piloto River canton Santa Rosa province of El Oro whose study lasted three months, three samples were taken per month at the different points and it was carried out in the early hours of the morning. Sampling points were as follows: La Chonta (6H00 am), Guayabo Alto (6H20 am), El Guayabo (6H45 am), La Aurelia (7H30 am), El Vado (8H00 am) Limón Playa (8H30 am), Las Colinas (9:00 am) in which the following results could be verified: In all the samples analyzed at the different points, the Arsenic concentrations exceeded the permissible limit (0.05 mg / L) by the Ecuadorian Standard of Environmental Quality and discharge of Effluents: Water Resource Book VI Annex I.

It was concluded that the concentrations of As in the aqueous matrices of the different points were: La Chonta (0,774 mg / L), Guayabo Alto (1,426 mg / L), El Guayabo (0,388 mg / L), La Aurelia (1,663 mg / L), El Vado (0.732 mg / L), Limón Playa (1,468 mg / L), Las Colinas (1,149 mg / L), on the other hand, in the months of December 2019, January and February 2020 the highest concentration of Arsenic Aurelia is found on the site, throwing 1,663 mg / L in the aqueous matrices according to the results of the investigation. The concentration of Arsenic in the month of December was 1,019 mg / L, in the month of January 1,093 mg / L and February 1,144 mg / L, which are outside the permissible limit compared to the WHO regulations and the Ecuadorian Standard of Environmental Quality and Effluent Discharge: Water Resource. Book VI Annex I. Finally, the Arsenic concentrations in the aqueous samples have a very high level compared to the concentrations of the study carried out by the Environmental Management Area of the Municipality of Santa Rosa, concluding that the variability is given by the sampling schedule and the prior notice to the community.

KEY WORDS: Aqueous Matrices, Arsenic, Atomic Absorption Spectrophotometry

CONTENIDO E INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN	II
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN	1
DEFINICION DEL PROBLEMA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos	4
HIPÓTESIS	5
VARIABLES	5
1. MARCO REFERENCIAL	6
1.1 Arsénico.....	6
1.1.1 Comportamiento Bioquímico del Arsénico en el organismo Humano.	9
1.1.2 Toxicodinamia	10
1.2 Contaminación del agua por arsénico	12
1.2.1 Valores Normales.....	14
1.2.2 Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo I.	15
1.3 Toxicidad por arsénico.	16
1.3.1 Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico.	19
1.4 Técnicas analíticas para la determinación de arsénico en agua.....	21

1.4.1	Espectrofotometría de absorción atómica.	22
1.4.2	Estructura de un FAAS.....	23
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1	Tipo de estudio.....	25
2.2	Unidad de análisis.	25
2.3	Universo de Muestra.	26
2.4	Espacio de investigación.	26
2.5	Materiales, equipos y reactivos.....	30
2.6	Recolección de la muestra:	31
2.7	Técnica Operativa	31
2.8	Metodología:	32
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1	RESULTADOS.....	33
3.2	DISCUSIÓN	44
4	CONCLUSIONES	47
5	RECOMENDACIONES	48
6	BIBLIOGRAFÍA	49
7	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Cuadro comparativo de diferentes metodologías para la determinación de As en agua.....	22
TABLA 2: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "La Chonta".....	33
TABLA 3: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Guayabo Alto".	34
TABLA 4: Concentraciones del As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "El Guayabo".....	35
TABLA 5: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa rosa del punto de muestreo "La Aurelia".	36
TABLA 6: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "El Vado"	37
TABLA 7: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Limón Playa"	38
TABLA 8: Concentraciones de As de matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Las Colinas".	39
TABLA 9: Comparación general de las concentraciones de As según los puntos de obtención de la muestra.....	40
TABLA 10: Comparación de la concentración de As con la Normativa Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I según los meses de toma de muestra en matrices acuosas del río Piloto.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Esquema de sustitución de fosfato por arseniato en glucólisis	11
FIGURA 2: Cuadro de límites máximos de matrices acuosas.	15
FIGURA 3: Esquema del equipo de absorción atómica	24
FIGURA 4: Mapa del Río Piloto del cantón Santa Rosa	25
FIGURA 5: Sitio la Chonta.....	26
FIGURA 6: El Guayabo Alto.....	27
FIGURA 7: Sitio el Guayabo.....	27
FIGURA 8: Sitio La Aurelia	28
FIGURA 9: Sitio El Vado	28
FIGURA 10: Sitio Limón Playa.....	29
FIGURA 11: Sitio Las Colinas	29
FIGURA 12: Lectura de las muestras en "La Chonta"......	33
FIGURA 13: Lectura de las muestras en "Guayabo Alto"......	34
FIGURA 14: Lectura de las muestras en "El Guayabo"......	35
FIGURA 15: Lectura de las muestras en "La Aurelia"......	36
FIGURA 16: Lectura de las muestras en "El Vado"......	37
FIGURA 17: Lectura de las muestras en "Limón Playa"......	38
FIGURA 18: Lectura de las muestras en "Las Colinas"......	39
FIGURA 19: Comparación general de lecturas de concentración de As en las muestras de los diferentes puntos de muestreo.	41

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación del agua es uno de los principales problemas que engloba a la salud humana y que pone en nivel crítico a los países en desarrollo a nivel mundial, ya que se observa actividad humana que genera toneladas de contaminantes en el planeta, especialmente la contaminación por Arsénico que es un elemento altamente toxico y que su presencia en el agua es ocasionada por el mal manejo de desechos producidos durante la actividad minera imprudente (Castelo, 2015).

El Arsénico se presenta en dos estados diferentes, Arsenito (III) Y Arsenato (IV) siendo el Arsenito el elemento más tóxico para la salud, provocando serias afectaciones en personas que estén en constante apego a matrices acuosas contaminadas en donde la concentración de este metal sobrepase el límite permitido, es por eso que, como futuros profesionales de la salud le hemos dado un interés profesional a este proyecto para concientizar a los lectores acerca de este asesino silencioso.

En países desarrollados como China, Taiwán, Estados Unidos, y en aquellos en desarrollo como Argentina, Chile y México existen caudales o ríos que la población utiliza para el consumo diario que están contaminados con arsénico y otros metales pesados también han causado estragos (Castelo, 2015).

En estudios previos de agua subterránea de cinco áreas diferentes de Punjab, Pakistán, para determinar el nivel de contaminación por arsénico (As) y especies, los resultados revelaron que el 75% y el 41% de los pozos de agua subterránea excedieron el límite de seguridad de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 10µg/L). El arsenito y el arseniato abarcaron 0–80% y 20–100% del total As, respectivamente (Bilal, et al., 2018) .

El Ecuador no ha estado exento de esta problemática de nivel ambiental y hace algún tiempo atrás en los diferentes pueblos ubicados en Guayllabamba y Tumbaco se registró un alto nivel de arsénico en específicamente en el agua potable, como también en la laguna ubicada en Papallacta. En el primer caso los pobladores consumieron normalmente el agua por un tiempo indefinido, sin conocer que indirectamente estaban ingresando a sus organismos un elemento altamente tóxico que pudo afectar a nivel de la salud, por lo que se conformó un comité que busca remediar la situación y tener una fuente de agua confiable (Castelo, 2015).

En Perú específicamente en Tacna el consumo de agua se ha visto contaminado por la presencia de arsénico y condicionado por sus suelos volcánicos los cuales son fuente principal para la contaminación de las aguas. La dirección regional de salud en la ciudad de Tacna, 2014 reportó que un 70 % de los distritos del Perú excede los límites permisibles según la OMS y la legislación peruana (Ale, et al., 2018).

Por este problema mundial es que nos hemos centrado en el estudio del Arsénico en matrices acuosas cuyo objetivo principal de investigación es evaluar los niveles de arsénico en matrices acuosas del río Piloto del Cantón Santa Rosa a través de espectrofotometría de absorción atómica en los meses de Diciembre, Enero, Febrero para el establecimiento del nivel de contaminación de este analito.

Para la determinación cuantitativa de la concentración del Arsénico se utilizan diferentes metodologías y equipamiento, hemos optado por el método más confiable de cuantificación como lo es la espectrofotometría de absorción atómica.

DEFINICION DEL PROBLEMA

En la provincia de El Oro se encuentra el Cantón Santa Rosa enfrentando una temática de gran preocupación en la actualidad es la contaminación del Rio Piloto ya que esta cruza por todo el Cantón y del cual se alimenta la empresa de Agua Potable para proveer a casi 84 000 habitantes.

Los pobladores señalan que la principal fuente de contaminación es la actividad minera de forma indiscriminada que con el pasar de los años ha ido creciendo de una manera relevante. No se la ha podido frenar de ninguna manera ya que los principales causantes de esto hacen caso omiso y no se preocupan por la población sino por su economía.

Los desechos producidos en varias plantas de minería son arrojados a los Ríos de los diferentes sitios de este Cantón y a pesar de que el caudal del agua atraviesa por un tratamiento previo en la planta de agua Potable del Cantón Santa Rosa, ninguno de estos puede contrarrestar o eliminar los metales contaminantes. Según estudios químicos realizados se registra que hay altos niveles de cadmio, cromo, hierro, plomo y arsénico, este último es el de mayor preocupación tanto para las autoridades como para los habitantes ya que es el más toxico para la salud.

Desencadena un sin número de anomalías. La exposición de manera prolongada a Arsénico (As) mediante la ingesta de agua y por el ende alimentos contaminados puede causar desde lesiones en la piel hasta el desarrollo de cáncer. También se observa anomalías a nivel cardiovascular y neurotoxicidad.

Se da una variabilidad mínima en las normativas de cada país y se basa principalmente en los estándares de la OMS o la Norma Ecuatoriana de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua Libro VI ANEXO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿En qué medida se encuentra elevada la concentración de Arsénico en las aguas del Rio Piloto del cantón Santa Rosa?

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar los niveles de arsénico en matrices acuosas del río Piloto del Cantón Santa Rosa a través de espectrofotometría de absorción atómica en los meses de Diciembre, Enero, Febrero para la cuantificación del nivel de contaminación por este analito.

Objetivos específicos

- Medir la concentración de arsénico en matrices acuosas en los puntos de muestreo del río Piloto, Cantón Santa Rosa.
- Identificar el punto de muestreo del Río Piloto, Cantón Santa Rosa con mayor concentración de Arsénico.
- Comparar la concentración de arsénico de las muestras investigadas con el rango establecido por la Norma Ecuatoriana de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Libro VI Anexo I.

HIPÓTESIS

Las matrices acuosas del río Piloto perteneciente al cantón Santa Rosa contienen altas concentraciones de arsénico que superan los parámetros establecidos Norma Ecuatoriana de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Libro VI Anexo I.

VARIABLES

Independiente:

Concentración de Arsénico

Dependiente:

Matrices acuosas del río Piloto del Cantón Santa Rosa

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Arsénico

El arsénico (As) se encuentra abundantemente en la corteza de la tierra. Su nombre es dado por la derivación griega arsénicos, que significa ‘potente’. Los seres humanos están expuesto a él mediante el consumo de agua y alimentos contaminados, esto ocurre debido a la liberación de dicho metal a suelos y acuíferos por los procesos naturales como fenómenos volcánicos o desintegración de las rocas (Reyes, et al., 2016).

El arsénico es de coloración gris plateado un poco brillante, amorfo y fácilmente quebradizo. Corresponde al grupo de los semimetales, que se encuentra en la tabla periódica sobre la parte de la clasificación que permite la división los elementos en metales y no metales, pero debido a esto el As presenta un comportamiento químico y propiedades más semejantes a las de un metal, proporcionando así que sea altamente tóxico lo cual preocupa a nivel mundial (Bolaños, 2016).

Los compuestos de Arsénico tienen una conductividad un poco baja por eso se puede comportar fácilmente como un metal o un no metal por ello se lo denomina metaloide. Se caracteriza porque puede combinarse con el oxígeno, cloro o azufre y de esta manera formar compuestos inorgánicos y si se combina con el carbón o hidrogeno puede convertirse en compuestos orgánicos. Su oxidación es fácil ya que al contacto con el aire húmedo puede convertirse en trióxido, otra característica importante es que se puede obtener de la impureza de otros metales como el zinc, plomo, cobre y oro. Es altamente tóxico y perjudicial, aunque es importante en varios procesos metabólicos por el cual pasan las especies (Ramirez, 2013).

La gran cantidad de compuestos de arsénico presentan solubilidad en medios acuosos, particularmente en complejos orgánicos como As^{+3} y As^{+5} . Para que el As se elimine del agua se produce un proceso de absorción con los óxidos de Fe y Al. Cuando se produce la mineralización natural y las actividades de los microorganismos originan que aumente la movilización de arsénico en el medio ambiente. Por lo general lo permisible es que la concentración de As que se encuentra en la naturaleza debe ser bastante baja, pero aumenta drásticamente por las actividades a nivel industrial (Montesdeoca & Zamora, 2017).

Se lo puede encontrar en libre en la atmósfera y disperso en los suelos, pero también en las aguas de los ríos y caudales, y por ende en los organismos vivos. Se moviliza mediante la cadena trófica debido a la combinación con otros elementos que conlleva a producir actividad biológica. Procede principalmente de la actividad de los volcanes, pero también se debe su desarrollo a la actividad minera, la combustión de combustibles fósiles, organofosfatos y herbicidas (Bolaños, 2016).

Los compuestos inorgánicos de este metal son los altamente tóxicos y es el que más predomina en el agua, mientras que en los alimentos podemos encontrar compuestos inorgánicos y orgánicos de As y que por lo general son menos tóxicos. En las carnes, los lácteos y cereales, vegetales y frutas también se puede encontrar arsénico (Red de Seguridad Alimentaria del CONICET, 2018).

Por otra parte, en el arroz se puede encontrar como arsénico inorgánico, ácido monometilarsónico, ácido dimetilarsínico, arsénico triglutatión, dimetil arsoglutatión. En las algas marinas se encuentra arsenozucars, en los peces y crustáceos se encuentra la arsenobetaina, pero en general en los peces predomina el arsenolípido (Ramirez, 2013).

En la naturaleza, el arsénico se encuentra principalmente en formas inorgánicas como el arsenato [$As(V)$] o también llamado arsénico pentavalente y la arsenita [$As(III)$] o llamada

arsénico trivalente. Bajo condiciones aeróbicas la forma pentavalente tiene una alta afinidad por oxi-hidróxidos de hierro [FeO(OH)] y óxidos de manganeso (MnO₂), lo que lo vuelve una forma relativamente inmóvil en el área de los suelos, mientras que la forma trivalente debido a su baja afinidad por estas formas tiene una mayor movilidad. El As se puede presentar en variantes diferentes compuestos orgánicas que son principalmente producidos por la acción del metabolismo ya sea de los microorganismos, las plantas y en ocasiones de los mamíferos (Covarrubias & Peña, 2017).

El nivel de toxicidad siempre va a depender de la forma química en que se encuentre, si el arsénico inorgánico es de forma trivalente (iAs³⁺) se lo considera más tóxico que la forma pentavalente (iAs⁵⁺) pero estas dos son un poco más tóxicas comparadas con los compuestos metilados como el ácido dimetilarsinico, ácido monometilarsonico. En cambio los compuestos arsenicales inorgánicos como la arsenocolina, arsenobetaina y arsenoazucars son los considerados menos tóxicos para la salud humana (Ramirez, 2013).

El iAs se encuentra presente en la minero-metalurgia, es decir como uso más frecuente está en la elaboración de semiconductores, municiones, herbicidas y pesticidas. El arsénico al que estamos expuestos es en algunas ocasiones de manera involuntaria ya que se encuentra en el ambiente debido a que se expande de las refinerías y mineras provocando así la contaminación tanto del agua como el aire y los suelos (Mendoza, et al., 2017).

Se esparce en el medio ambiente de manera natural mediante algunos procesos geológicos y antropogénicos dejando así a los seres humanos la libre exposición de este metal por medio del aire, agua y comida. El agua es la principal en contaminarse debido a los productos químicos desechados de manera incorrecta a través de pesticidas y de la misma manera por los desechos mineros (López & Diaz, 2018).

1.1.1 Comportamiento Bioquímico del Arsénico en el organismo Humano.

Para comprender un poco más del comportamiento bioquímico de este analito hemos considerado describirlo en el proceso LADME tomado de (Meza, 2018):

- Entre las principales vías de entrada de este analito están el tracto respiratorio y el gastrointestinal.
- La absorción de este analito se da mayormente por el tracto gastrointestinal, seguido de las vías respiratorias, cabe mencionar que esto se ve condicionado por el tamaño de partículas que ingresan al organismo, es decir todas las partículas menores a $7\mu\text{m}$ son absorbidas hasta en un 90 %.
- Se ha estudiado la distribución postmortem de este analito en donde se ha encontrado que gran parte de la concentración de arsénico se localiza en el hígado y riñón, estos estudios demuestran que una tercera parte del arsénico encontrado en diferentes partes del cuerpo como bilis, riñón, hueso, piel, uñas e incluso en la sangre es perteneciente al arsénico trivalente (As^{+3}).
- El proceso de metabolización de este analito es considerado por dos procesos, uno de ellos es las reacciones de óxido-reducción el cual transforma el arsenato (As^{+5}) a arsenito (As^{+3}) y el otro proceso son las reacciones de metilación oxidativa que transforman el arsénico más tóxico (As^{+3}) en moléculas metiladas menos tóxicas que son el MMA (monometilarsónico) y el DMA (dimetilarsínico) las cuales son fácilmente excretadas.

- Como cualquier otra sustancia nociva o desecho común post metabolizado del organismo, el arsénico se excreta principalmente por el riñón en forma de DMA en un 70 % y el otro 30% se excreta sin metilar por la misma vía (Garbiski, et al., 2019).

1.1.2 Toxicodinamia

Las primeras propuestas de mecanismos de acción aparecieron a principios del siglo XX y estuvieron relacionadas a las propiedades químicas conocidas, hasta ese momento, de los compuestos de As. Un factor importante a la hora de analizar los mecanismos de acción y la toxicidad de los compuestos del As además de su valencia, se relaciona con el tipo de compuesto (Molin, et al., 2015).

Para su mejor comprensión se ha clasificado de la siguiente manera:

- La interacción con grupos sulfhidrilos de proteínas, este cambio hace que las rutas enzimáticas lleguen a alterarse, citando como ejemplo, el As^{+3} inhibe el complejo enzimático piruvato deshidrogenasa en la producción de ATP celular, esto hace que disminuya la CoA y por ende la síntesis del ATP en el ácido cítrico (Espinoza & Quispe, 2016).
- Por sustitución del grupo fosfato: las moléculas de ácido arsénico (H_3AsO_4) y ácido fosfórico (H_3PO_4) son idénticas, químicamente hablando, por esta razón el arseniato puede con facilidad sustituir al fosfato en muchas reacciones bioquímicas. En estas reacciones, el arseniato se une a grupos hidroxilos dando como resultado ésteres de arseniato. Sin embargo, la unión éster formada por el arseniato tiene mayor longitud que la formada por el fosfato, lo cual lleva a que los ésteres de arseniato sean más lábiles (menos estables) y se hidrolicen más fácilmente (Nurchi, et al., 2020)

El arseniato desacopla la formación de ATP in vitro por un mecanismo que se conoce como arsenolisis, este mecanismo ocurre en el proceso de glucólisis y en la fosforilación oxidativa. En glucólisis, el arseniato forma una molécula compleja (1-arseno, 3 – fosfoglicerato) y en la fosforilación oxidativa el arseniato puede acoplarse al ADP para formar el ADP-arseniato (Olmos & Ridolfi, 2018).

Esto hace que se alteren rutas enzimáticas debido a la interacción de los grupos de arseniato y los grupos sulfhídricos de las proteínas, afectando conjuntamente a complejo piruvato deshidrogenada provocando una disminución de la producción de acetilcoenzima A y por ende la síntesis de ATP (Olmos & Ridolfi, 2018).

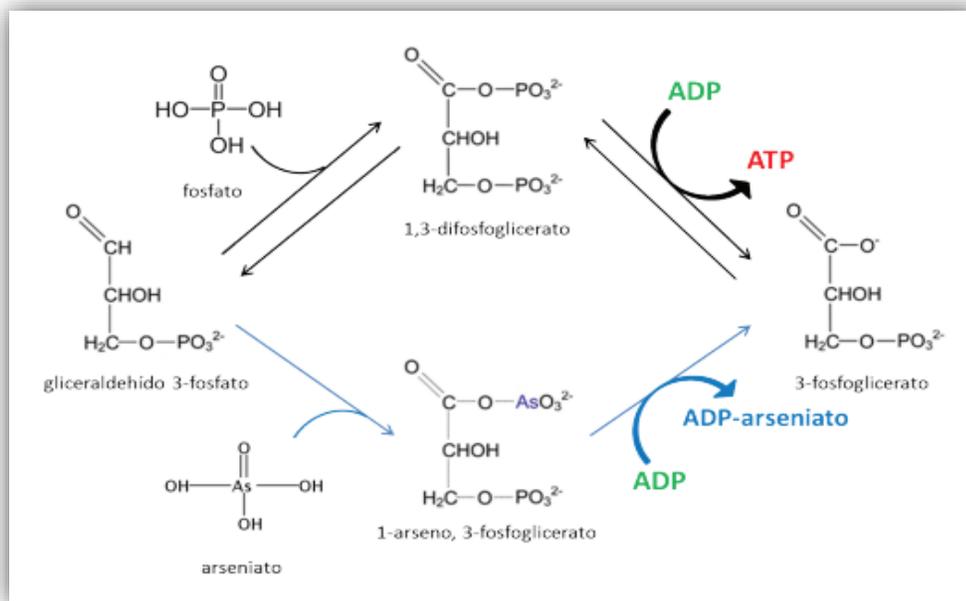


Figura 1: Esquema de sustitución de fosfato por arseniato en glucólisis (Olmos & Ridolfi, 2018).

1.2 Contaminación del agua por arsénico

Las fuentes de contaminación de arsénico se dan principalmente por causa humana como ya se lo ha mencionado anteriormente estas son la fundición de metales industriales y la problemática más reciente la liberación de minerales altamente ricos en arsénico debido a la actividad minera de forma indiscriminada (Lozano, et al., 2016).

En la actualidad es una grave amenaza para la población ya que el arsénico puede incorporarse de manera rápida en la cadena alimenticia favoreciendo la amplia distribución en todos los animales y vegetales, de esta manera propagando la contaminación de una forma que sea difícil de poder detenerla (Rangel, et al., 2015) .

El principal problema con el arsénico es que puede movilizarse fácilmente en medio de la naturaleza, pero se incrementa debido a la falta de conciencia del hombre generando así un impacto toxico por medio de la minería, el uso de los combustibles fósiles y los pesticidas como se lo ha mencionado anteriormente (Rangel, et al., 2015).

La contaminación del agua se da a nivel industrial, agropecuaria, minera y el uso incorrecto de los fertilizantes en el suelo que finalmente llegan los caudales de ríos ocasionando así una cadena de contaminación que llega a animales y vegetales, originando riesgos altamente potenciales en la sociedad consumidora ya que desarrollan graves problemas de salud (Londoño, et al., 2016).

El As es uno de los contaminantes inorgánicos altamente tóxicos que se encuentra presente en agua subterránea, y se ha detectado en una amplia escala de concentraciones en todo el mundo. La presencia de este metal en el agua compromete enormemente al deterioro de este

valioso recurso como fuente segura de suministro de agua de bebida humana (Red de Seguridad Alimentaria del CONICET, 2018).

La distribución de este tóxico va a depender de las condiciones físico químicas en que se encuentre dentro del medio ambiente es decir se puede solubilizar fácilmente en el agua y luego ser tomado por los microorganismos que habitan en ella de esta manera puede generar una mayor biodisponibilidad originando altos niveles de toxicidad (Rangel, et al., 2015).

Se encuentra presente en el agua debido a la disolución de manera natural de los minerales ya sea de depósitos geológico, descarga de productos de desechos industriales y la de la sedimentación atmosférica. La especie más común de arsénico es el pentavalente o también llamado arsenato y se encuentra en las aguas superficiales debido al alto contenido de oxígeno que estas presentan, por otra parte en los sedimentos de lagos o aguas subterráneas el más común es el arsénico trivalente o también denominado arsenito (Alarcón, et al., 2014).

En el agua se encuentra mayormente dos estados de oxidación del Arsénico los cuales son: Arsénico +3 o también llamado trivalente y Arsénico +5 o también llamado pentavalente. Aunque ambas estructuras son de carácter móvil en la atmósfera, pero el arsénico +3 (Arsenito) es el más biotóxico e invasivo. El arsénico principalmente se dispersa por el mundo a través del agua generando una cadena de contaminación tanto en el sedimento como en las especies acuáticas (Alarcón, et al., 2014).

Los organismos vivos y microorganismos que habitan en la flora y fauna pueden degradar estos compuestos químicos de un estado inorgánico a un estado orgánico. Todo dependerá de las condiciones en que se encuentre van a favorecer la oxidación química y biológica del

arsénico induciendo el cambio a especies pentavalentes y a la inversa, aquellas que favorecen la reducción cambiarán al estado trivalente (De la Calle, et al., 2017).

1.2.1 Valores Normales

Estudios demuestran que, en países latinoamericanos, al menos 4,5 millones de personas ingieren altos niveles de agua contaminada por arsénico en forma permanente lo cual conlleva a poner en riesgo su salud. El Arsénico se encuentra en cantidades que muchas veces llega a superar el límite permitido de 1000 $\mu\text{g/L}$ o 0,01 mg/L. La presencia de este metaloide en las aguas que son para consumo humano se debe a factores tanto naturales como factores creados por el hombre el principal es la explotación minera y la refinación de metales fundidos (Medina, et al., 2018).

Según la OMS la concentración estándar de As en el agua es de 0,01 mg/L. Pero dicho parámetro oscila dependiendo la posición geográfica del país, por ejemplo: Canadá y México permiten una concentración de arsénico de 0,025 mg/L. Paraguay acepta un índice máximo de 0,5 mg/L. No obstante, la mayoría de países Latinoamericano y de la Unión Europea establecen una concentración máxima de 0,01 mg/L, entre ellos Ecuador (Medina, et al., 2018).

Según la OMS la concentración de As en las matrices acuosas es de 0,01 mg/L. Pero dicho parámetro oscila dependiendo la posición geográfica, por ejemplo: México y Canadá permiten una agrupamiento de arsénico de 0,025 mg/L. Paraguay acepta un índice máximo de 0,5 mg/L. No obstante, la universalidad de países de América Latina y de la Unión Europea establece una concurrencia máximas de concentración 0,01 mg/L, entre ellos se encuentra Ecuador.

1.2.2 Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes:

Recurso Agua. Libro VI. Anexo I.

La presente normativa cita como límite máximo permisibles es de 0,05 mg/L de arsénico en matrices acuosas ver (anexo 13), tal y como se expone en la siguiente tabla (Presidencia de la Republica, 2016):

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Figura 2: Cuadro de límites máximos de matrices acuosas, obtenida de (Presidencia de la Republica, 2016).

1.3 Toxicidad por arsénico.

El Arsénico se lo considera como el tóxico mortal y veneno más potente ya que se encuentra en todas partes y especialmente se acumula en los tejidos de las especies. A pesar de ser considerado beneficioso en cantidades muy pequeñas puede ser uno de los venenos más potentes si se consume en gran cantidad (Ramirez, 2013).

Para que el As produzca efectos tóxicos debe encontrarse biodisponible en el organismo, por lo tanto, debe ingresar por la vía oral y acumularse dentro para distribuirse por todas las vías del organismo humano. Los que presentan mayor biodisponibilidad son los iones de forma libre y por ende provocan efectos altamente tóxicos dando un cuadro crítico en el consumidor. El As se diluye en el agua, se esparce por el suelo originando sedimentos y luego es absorbido por las distintas especies acuáticas (Montesdeoca & Zamora, 2017).

Es uno de los metales más tóxicos y según la OMS esta sustancia de carácter químico se la considera la más preocupante dentro de la salud pública. La toxicidad presentada en el agua de los ríos afecta de manera directa a los peces mostrando una bioacumulación considerable perjudicando así la cadena alimenticia de todo el ecosistema (Colón, 2019).

Para que los compuestos de arsénico sean tóxicos siempre dependerán del estado en que se oxidan, el estado físico, solución y tamaño de la partícula para luego poder ser absorbido, muchas veces interfiere la capacidad de absorción, la solubilidad y la velocidad en que este se puede eliminar del organismo (Rangel, et al., 2015).

El nivel de toxicidad va a variar según el compuesto, la valencia y la clase de solubilidad que tenga, también influye el modo de exposición y el tiempo. Los compuestos que pertenecen

al grupo de trivalentes son los considerados más tóxicos ya que son captados rápidamente por el tracto gastrointestinal (Norberg, 2012).

Por otra parte, es muy importante resaltar que también dependerá de otros factores como la edad, el sexo y algunos factores nutricionales. La exposición a estos compuestos de arsénico inorgánico puede provocar algunos tipos de cánceres como el hepático, pulmonar y de piel (Tchernitchin & Gaete, 2018).

Ya que en el cuerpo se dan una variabilidad de reacción tanto oxidativas como reductivas, de la misma manera reacciones de metilación la cual en algunas ocasiones va a transformas al As en diferentes metabolitos dentro del organismo. Estos metabolitos serán tan tóxicos como la valencia que tengan por lo tanto esto definirá la vida media y el alcance distributivo en los tejidos y por ende en todo el cuerpo esto definirá el nivel de toxicidad que va a presentar en los diferentes organismos (Medina, et al., 2018).

Las personas están expuesta al arsénico por medio de la ingestión y en algunas ocasiones por la inhalación, de esta manera el tóxico se liberará en el organismo absorbiéndose a nivel del tracto digestivo, del aparato respiratorios y en muchas ocasiones por contacto con la piel, luego atraviesa las membranas distribuyendose por el torrente sanguíneo alcanzando la penetración a nivel general de todo el organismo en donde desencadenará una serie de anomalías (Cabrera, et al., 2015).

Se manifiesta que los compuesto arsenicales que son hidrosolubles se absorben más fácil que los liposolubles, comprobando esto en estudios realizados en roedores lo cual también arrojó datos que indican que la absorción es casi completo de aquellos compuestos inorgánicos obtenidos por medio de agua potable dando un porcentaje de elevado de 95 % (Medina, et al., 2018).

A nivel de la salud se conoce que la exposición a largo plazo de As por el consumo de agua y alimentos que se encuentran contaminados puede desarrollar cáncer y lesiones a nivel cutáneo, pero además se lo asocia específicamente con afecciones del sistema nervioso, problemas cardiovasculares, diabetes. Por su alto nivel carcinogénico y neurotóxico la OMS lo señala como el metal que más provoca problemas graves en la salud pública a nivel del mundo (López & Diaz, 2018).

En aguas superficiales el arsénico está presente como (As^{+5}), en cambio en aguas subterráneas se presenta en forma de (As^{+3}). Estas aguas son utilizadas para el abastecimiento de poblaciones, lo que conlleva al uso más común del mismo, el consumo de esta agua; desencadenando varios efectos adversos en la salud debido a una concentración elevada de este metal en el organismo. (Bolaños, 2016).

Es un Indicador temprano considerándose como una etapa pre-clínica del riesgo potencialmente tóxico de desarrollar la patología conocida como Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico o por sus siglas HACRE dicha patología está estrictamente ligada a los recursos hídricos (Blanco, et al., 2018).

Por tratarse de una intoxicación de carácter crónico la relación entre exposición de As mediante la ingesta de agua y alimentos es altamente compleja, debido a que puede perjudicar principalmente a los grupos susceptibles como niños, mujeres embarazada, ancianos o personas con enfermedades terminales. De igual manera es un peligro latente aún a bajas dosis ya que el consumo de manera prolongada de agua contaminada con Arsénico perjudica a la salud individual y colectiva originando así el problema a comunidades enteras (Monroy & Espinoza, 2018).

Se plantea que en caso de exponerse a este compuesto por largos periodos ya sea a través del agua o de las comidas, los síntomas son distintos a los de la toxicidad por inhalación,

principalmente se observa en el paciente diarreas o estreñimiento, enrojecimiento de la piel y en muchas ocasiones hiperqueratosis, además se ve afectado el sistema circulatorio dando lugar a una gangrena grave (Norberg, 2012).

Entre otros síntomas están los problemas tanto a nivel de sistema nervioso como hepático. La sintomatología de gravedad aparece debido a las altas dosis en las que están expuesto el organismo humano y pueden ser letales ocasionando la muerte como primeros efectos se observa fiebre, arritmias, hepatomegalia, anemia y leucopenia (Londoño, et al., 2016) . La exposición de arsénico inorgánico por largo tiempo mediante la ingesta de agua puede dar lugar a trastornos de carácter vascular a nivel periférico desencadenando el fenómeno de Raynaud. Por otra parte según estudios en un área de Taiwán, se evidencio el desarrollo de gangrena periférica conocida como enfermedad del pie negro (Wang, et al., 2017).

A nivel clínico principalmente se puede identificar la toxicidad por As debido a la aparición de lesiones a nivel de la piel como hiperqueratosis, melanosis leucomelanosis, también se observa la despigmentación, eccematoides de gravedad variable. La sintomatología de gravedad es la causa de estrés a nivel oxidativo en el organismos lo que conlleva al desarrollo de la apoptosis generando la destrucción celular incrementando el riesgo de cáncer (Morales, 2018).

1.3.1 Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico.

Es una anomalía de carácter grave ocasionada por el consumo en largos periodos de tiempo de agua contaminada con Arsénico, es por ello que se considera un problema de salud pública a nivel del mundo (García, et al., 2018).

La intoxicación prolongada por As es conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico, comúnmente llamado HACRE o arsenicosis. En los últimos 10 años varios países

como India, México, Tailandia, Estados Unidos, China y Chile han reportado el incremento de esta anomalía. (Asociación Toxicologica Argentina, 2006).

Los síntomas del HACRE son trastornos dermatológicos como la sudoración excesiva de manos y pies (hiperhidrosis palmo plantar), callosidades en pies y manos (Hiperqueratosis palmo plantar) además de las alteraciones en la pigmentación de la piel (Melanodermia) (Villamil, 2015).

Al transcurrir el tiempo las callosidades presentes se abren causando dolores intensos y tornándose invalidantes para la actividad normal de las personas, estos primeros síntomas son unos de los factores de riesgo más común para la aparición de distintos tipos de cáncer, como por ejemplo de la piel (Idrovo, et al., 2017).

Además es comprobado que el As es agente causal de cierto tipo de cáncer como el de hígado, riñón, pulmón, de vejiga, incluso La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer categoriza al cáncer inorgánico como una sustancia carcinogénica para el ser humano (Navoni & Olmos, 2012).

En Sudamérica la situación en relación con la contaminación ambiental con metales pesados se ha vuelto una total paradoja, a inicios del siglo XX en Argentina, concretamente en la provincia de Córdoba se reportaría el primer caso de HACRE, que en un principio se la llamaría como Enfermedad de Bell Ville. Casi 100 años después no se cuenta con la información concreta acerca de la magnitud de la población afectada por este tipo de contaminación (Navoni & Olmos, 2012).

1.4 Técnicas analíticas para la determinación de arsénico en agua

El método con más confiabilidad y más recomendable para la utilización de estudios investigativos para la determinación de arsénico es la espectrofotometría de absorción atómica. Aunque existen algunas técnicas analíticas que se emplean para la determinación de arsénico, como son los métodos espectrofotométricos de carácter atómico, metodologías electroquímicas, espectroscopia de rayos X, activación neutrónica, biosensores, entre otra variedad. (Alarcón, et al., 2014).

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de diferentes técnicas analíticas para la determinación de As (Litter, et al., 2019):

TABLA 1: Cuadro comparativo de diferentes metodologías para la determinación de As en agua

		Sensibilidad	Precisión	Selectividad	Dificultad para preparación de la muestra	Costo	Complejidad
Espectrometría	Espectrometría UV-Vis						
	Bromuro mercúrico	Bajo	Bajo	nd	medio	bajo	bajo
	Dietil-ditiocarbamato de Plata	Bajo	Medio	nd	medio	bajo	bajo
	Azul de Molibdeno	medio - bajo	Medio	medio	medio	bajo	bajo
	Espectrofotometría Atómica - Absorción Atómica						
	HG – AAS	muy bueno	muy bueno	muy bueno	medio	alto	alto
	GF – AAS	muy bueno	muy bueno	bueno	bajo	alto	alto
	Emisión Atómica						
	ICP – OES	Bueno	muy bueno	muy bueno	bajo	muy alto	alto
	MP – AES	Bueno	muy bueno	muy bueno	bajo	alto	alto
Cromatografía asociada a espectrometría de masa	HPLC - intercambio iónico	Bueno	muy bueno	muy bueno	bajo	alto	alto
	HPLC – fase de reserva	Bueno	Nd	bueno	medio	alto	alto
Metodología Electroquímica	Voltametría						
	Anódico	muy bueno	Nd	bueno	bajo	bajo	bajo
	Catódico	muy bueno	Nd	bueno	bajo	bajo	bajo

1.4.1 Espectrofotometría de absorción atómica.

El vapor que ocasiona la muestra o analito es irradiado por una fuente externa de radiación. Si esta fuente de radiación es la apropiada, los átomos del analito correspondiente la absorben hasta el punto de excitación y posteriormente casi de manera inmediata los átomos vuelven a su estado de relajación no sin antes de transferir toda esta energía a otros átomos o moléculas que están en el medio de trabajo. Esto hace que se detecte la radiación que no se

absorbe dejando una “huella” a través de las longitudes de onda que se encuentran vacías (Litter, et al., 2019).

La espectroscopia tiene dos variantes: Pero el recomendable es el FAAS, Espectrometría de absorción atómica de llamas, este es un método analítico que se encuentra presente en la gran parte de los laboratorios analíticos ya que es el más inocuo para realizar las diferentes determinaciones de los metales a estudiar (Litter, et al., 2019).

1.4.2 Estructura de un FAAS

El espectrofotómetro se compone de la siguiente manera (Rocha, 2000):

- a) Fuente de radiación: se encarga de emitir un haz de luz específica y necesaria para provocar una excitación en los átomos del elemento analizado.
- b) Nebulizador: Es la encargada de realizar la aspiración de la muestra en estado líquido, la cual se encarga de generar una atomización eficiente a través de pequeñas gotas de la misma.
- c) Quemador: Es el encargado de realizar la combustión generando una formación de átomos a partir de factores que encuentra la solución.
- d) Sistema óptico: Es aquel sistema que separa la longitud de onda específica, del haz de luz que contiene todas las radiaciones comprendidas en el sistema.
- e) Detector o transductor: Es aquel componente capaz de convertir de manera igual las señales que emiten la radiación electromagnética en señales eléctricas transformadas como corriente.

- f) El amplificador o sistema electrónico: Se encarga de ampliar la señal eléctrica para que por consiguiente pueda ser procesada en los circuitos y sistemas de electricidad común.
- g) Sistema de lectura: Este emana una señal emitida por la corriente para que sea convertida a una señal que el sistema operático puede leer e interpretar y esto se lo conoce como absorbancia. Este sistema de lectura se manifiesta en escala de dígitos, un sistema de gráficos y una serie de datos.

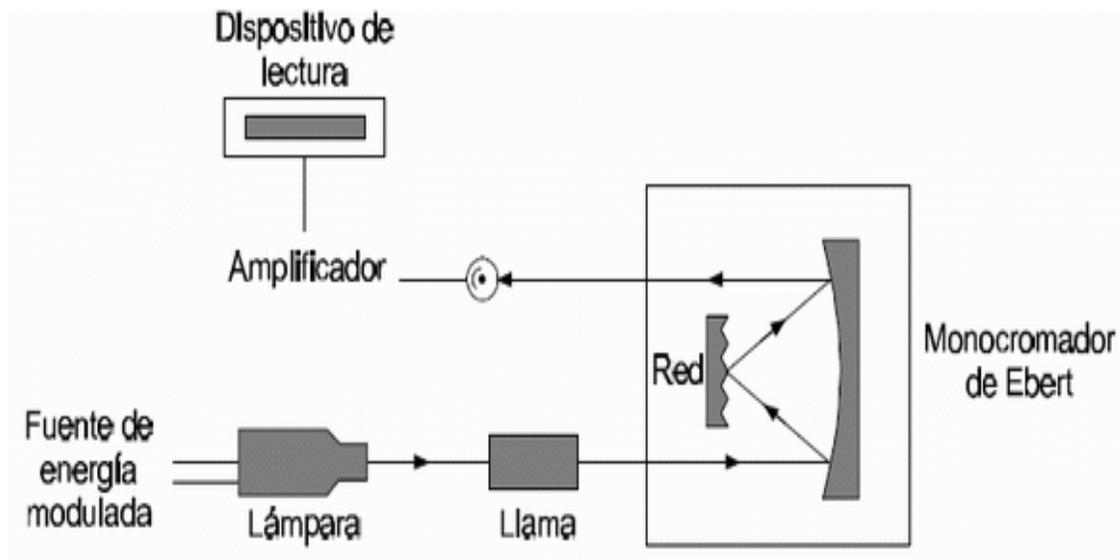


Figura 3: Esquema obtenido de (Química, 2017)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de estudio.

En el presente trabajo investigación se aplicó el estudio descriptivo, transversal.

2.2 Unidad de análisis.

Para la elaboración de este trabajo se analizó agua del Río Piloto del cantón Santa Rosa en diferentes sitios ubicados a lo largo del mismo.

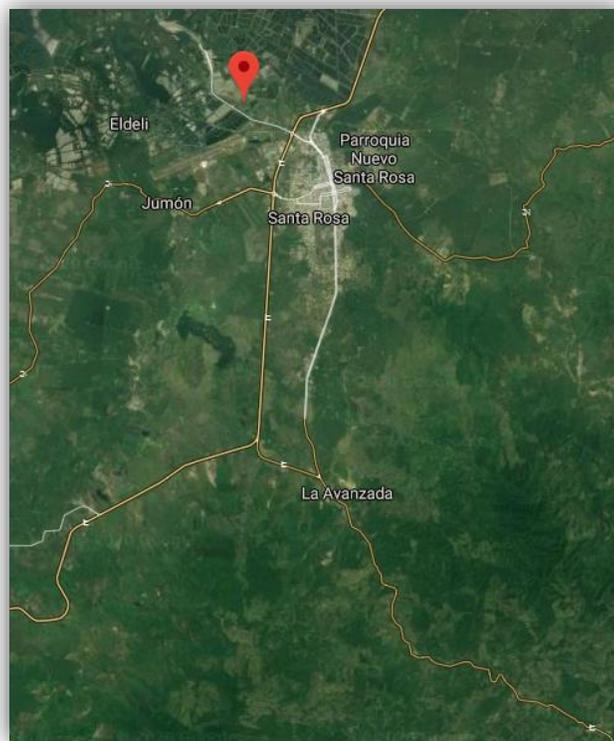


Figura 4: Mapa del Río Piloto del cantón Santa Rosa

Fuente: Google maps.

2.3 Universo de Muestra.

Se recolectó muestra de agua en 7 puntos de recolección del río Piloto en el Cantón Santa Rosa, de cada punto se recolectó 9 muestras en diferentes fechas de los últimos tres meses consiguiendo un total de 63 muestras de matrices acuosas para su análisis.

2.4 Espacio de investigación.

El estudio se realizó en 7 puntos de recolección del río Piloto del cantón Santa Rosa, entre ellos están los siguientes:

Sitio La Chonta



Figura 5: Sitio la Chonta

Ubicación: Latitud: -3.586709; Longitud: -79.88321

Sitio El Guayabo Alto



Figura 6: El Guayabo Alto

Ubicación: Latitud: -3.594664; Longitud: - 79.851081

Sitio El Guayabo



Figura 7: Sitio el Guayabo

Ubicación: Latitud: -3.591267; Longitud: -79.861764

Sitio La Aurelia

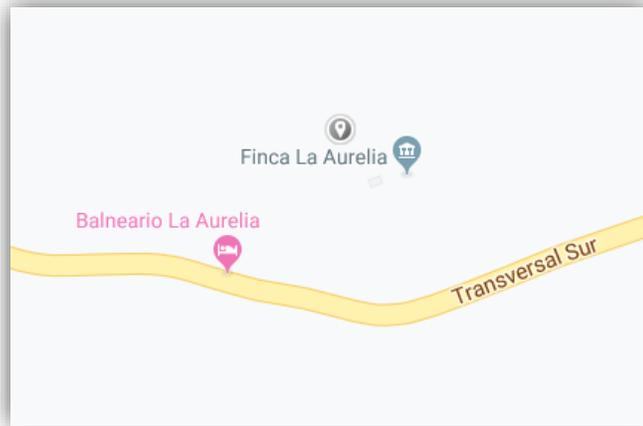


Figura 8: Sitio La Aurelia

Ubicación: Latitud: -3.582124; Longitud: -79.927225

Sitio El Vado



Figura 9: Sitio El Vado

Ubicación: Latitud: -3.559234; Longitud: -79.945892

Sitio Limón Playa

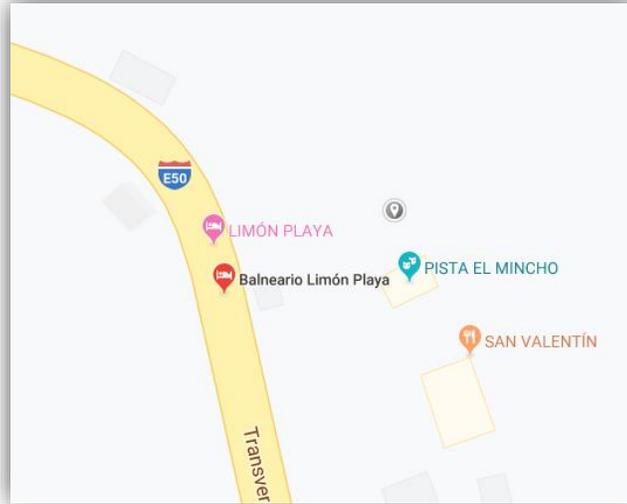


Figura 10: Sitio Limón Playa

Ubicación: Latitud: -3.577330; Longitud: - 79.938545

Sitio Las Colinas



Figura 11: Sitio Las Colinas

Ubicación: Latitud: -3.551418; Longitud: -79.948581

2.5 Materiales, equipos y reactivos

Materiales:

- Vasos estériles para recolección de muestra
- Agua Destilada
- Matraz Aforado
- Vaso de precipitación.

Reactivos:

- Chemical Inorganic Arsenic

Equipo:

- Perkin el Mer 300
- Laptop

Otros Materiales:

- Papel
- Lápiz
- Cooler

2.6 Recolección de la muestra:

Para la recolección de la muestra de cada punto del río Piloto del cantón Santa Rosa nos movilizamos en automóvil y para la recolección y transporte de la muestra se siguió la norma técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 que cita lo siguiente:

- En primera instancia, se debe considerar el envase donde se va a recolectar la muestra, ya que no deben ser causantes de contaminación, ni absorber humedad. Lo recomendable será que para un análisis rápido la toma de muestra sea en un envase de plástico con tapa hermética.
- Seguido de esto, antes de tomar la muestra de agua se recomienda hacer un lavado del recipiente con la misma agua de río, siempre y cuando los análisis vayan a ser dentro de las primeras 24 horas. Caso contrario se debe lavar los frascos recolectores con solución 1M de ácido clorhídrico o de ácido nítrico.
- Una vez realizado estas pautas previas se debe de llenar los recipientes en su totalidad y taparlos de tal manera que no exista presencia de aire, esto favorecerá a la determinación de parámetros físicos y químicos de la muestra.
- Por último, se debe refrigerar la muestra inmediatamente después de realizar la toma de la misma, la presente normativa sugiere guardar a temperatura más bajas que la temperatura a la cual se recolectó la muestra.

2.7 Técnica Operativa

El análisis de las muestras del río Piloto del cantón Santa Rosa se analizaron con el método de absorción Atómica.

2.8 Metodología:

1. Preparar la solución estándar de Arsénico a 10 ppm. Se colocó 1 ml de As en un balón volumétrico de 100 ml y se enrasó con agua destilada.
2. Encender el equipo computarizado, la campana extractora, luego abrir la llave de gas, verificar que la lámpara de espectro sea la correspondiente al Arsénico.
3. Verificar que el color de la llama sea Azul intenso y dejar calentar de 30 a 45 segundos.
4. Una vez listo todo el equipo, se procede a leer la solución estándar de Arsénico de 10 ppm para obtener la curva de calibración.
5. Luego se procede a pasar las muestras que previamente fueron refrigeradas a 20 °C para que no se degraden.
6. Las lecturas de las muestras se harán a una longitud de onda de lámpara de 193,7 y con una energía de 35, una absorbancia mínima de 0,051 nm y una absorbancia máxima de 0,473 nm y con un margen de error de $\pm 0,03$ %

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

CONCENTRACIÓN DE ARSENICO EN MATRICES ACUOSAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PILOTO.

TABLA 2: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "La Chonta".

LA CHONTA									
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)	0,750	0,752	0,760	0,766	0,771	0,780	0,782	0,800	0,802

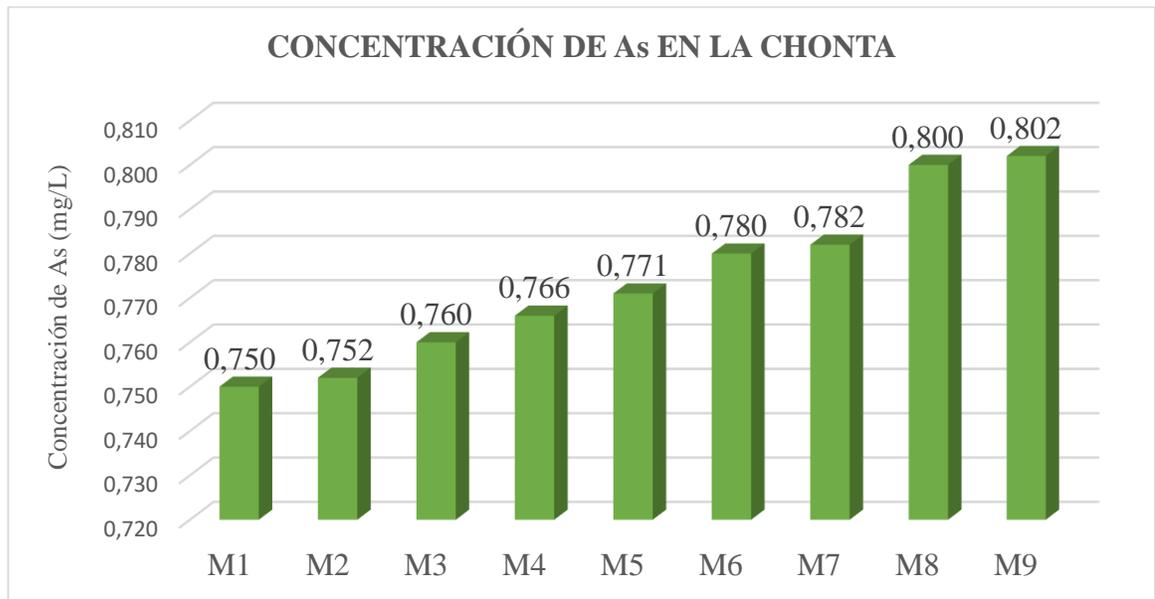


Figura 12: Lectura de las muestras en "La Chonta".

DESCRIPCIÓN

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "la Chonta", los cuales nos dieron un resultado un límite máximo 0,802 mg/L de concentración en M9.

TABLA 3: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Guayabo Alto".

MUESTRAS CONCENTRACIONES (mg/L)	GUAYABO ALTO								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
	1,225	1,249	1,300	1,339	1,496	1,528	1,558	1,567	1,568

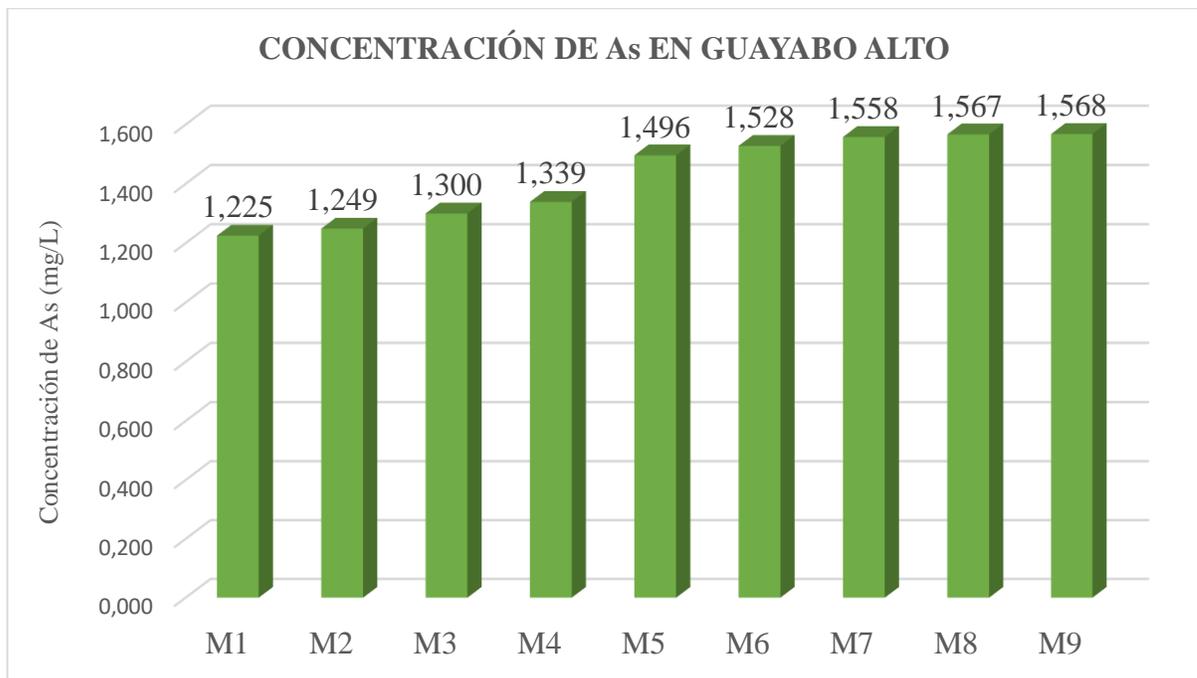


FIGURA 13: Lectura de las muestras en "Guayabo Alto".

DESCRIPCIÓN

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "Guayabo Alto", los cuales nos dieron un límite máximo de 1,568 mg/L de concentración en M9.

TABLA 4: Concentraciones del As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "El Guayabo".

		EL GUAYABO								
MUESTRAS		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)		0,375	0,380	0,383	0,385	0,389	0,392	0,395	0,396	0,398

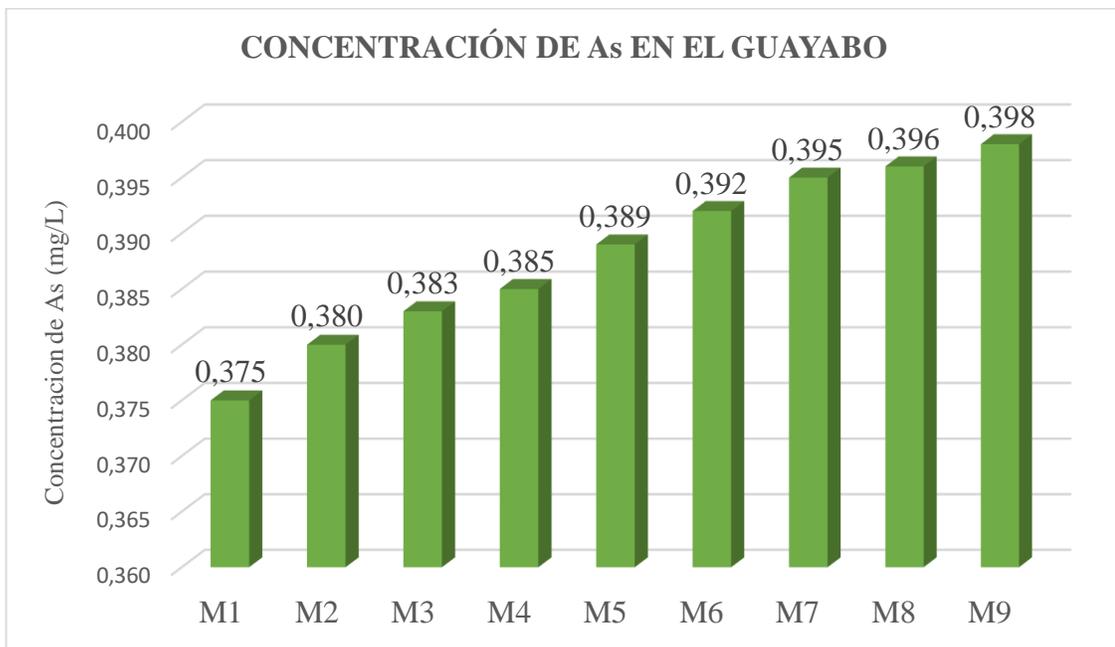


FIGURA 14: Lectura de las muestras en "El Guayabo".

DESCRIPCIÓN

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "El Guayabo", los cuales nos dieron un resultado un límite máximo 0, 398 mg/L de concentración en M9.

TABLA 5: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa rosa del punto de muestreo "La Aurelia".

SITIO LA AURELIA									
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)	1,500	1,546	1,623	1,639	1,695	1,713	1,733	1,750	1,765

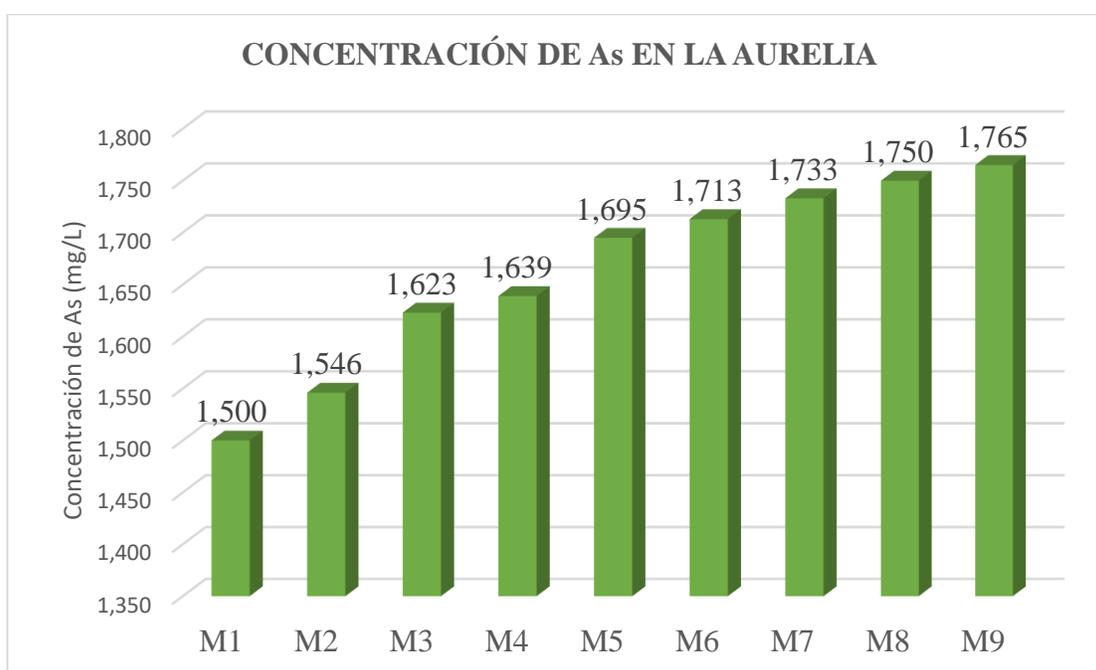


FIGURA 15: Lectura de las muestras en "La Aurelia".

DESCRIPCIÓN:

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado “La Aurelia”, los cuales nos dieron un resultado un límite máximo 1,765 mg/L de concentración en M9.

TABLA 6: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "El Vado"

SITIO EL VADO									
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)	0,673	0,686	0,695	0,723	0,734	0,750	0,769	0,776	0,785

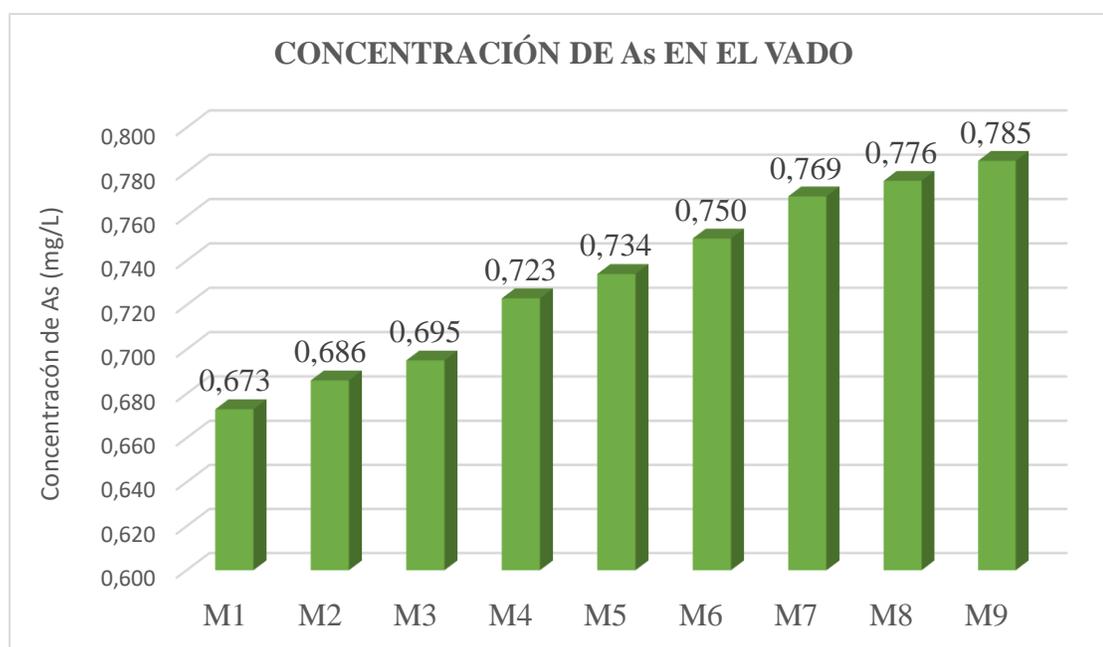


FIGURA 16: Lectura de las muestras en "El Vado".

DESCRIPCIÓN

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "El Vado", los cuales nos dieron un resultado un límite máximo 0,785 mg/L de concentración en M9.

TABLA 7: Concentraciones de As en matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Limón Playa"

LIMÓN PLAYA									
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)	1,364	1,376	1,398	1,445	1,456	1,499	1,544	1,558	1,569

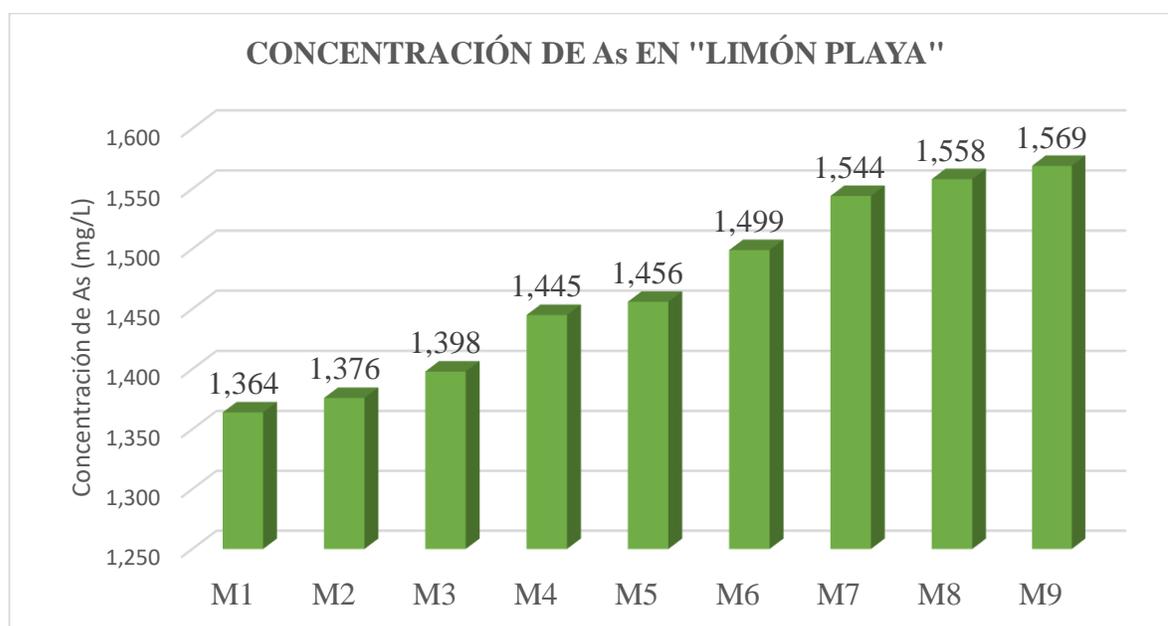


FIGURA 17: Lectura de las muestras en "Limón Playa".

DESCRIPCIÓN:

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "Limón Playa", los cuales nos dieron un resultado con un límite máximo 1,569 mg/L de concentración en M9.

TABLA 8: Concentraciones de As de matrices acuosas del río Piloto en Santa Rosa del punto de muestreo "Las Colinas".

"LAS COLINAS"									
MUESTRAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
CONCENTRACIONES (mg/L)	1,110	1,125	1,137	1,144	1,152	1,156	1,169	1,173	1,176

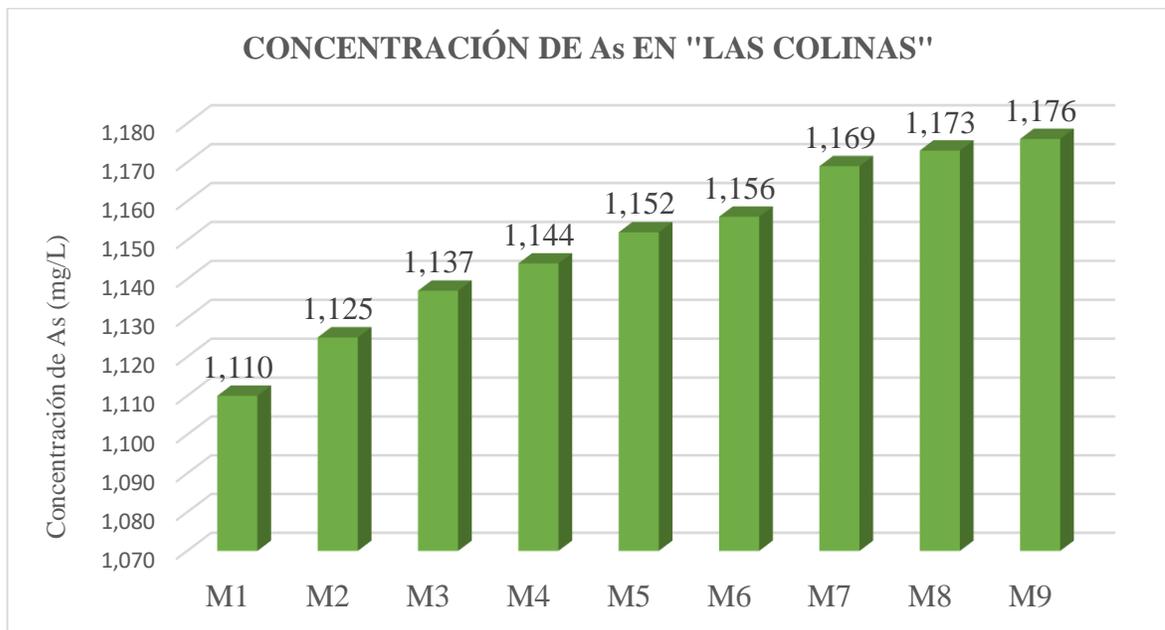


FIGURA 18: Lectura de las muestras en "Las Colinas".

DESCRIPCIÓN

A través de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica se analizaron 9 muestras del río Piloto, Cantón Santa Rosa en el punto de muestreo denominado "Las Colinas", los cuales nos dieron un resultado un límite máximo 1,176 mg/L de concentración en M9.

IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO CON MAYOR CONCENTRACION.

TABLA 9: Comparación general de las concentraciones de As según los puntos de obtención de la muestra.

SITIOS	DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MEDIA
	MUESTRA 1 (mg/L)	MUESTRA 2 (mg/L)	MUESTRA 3 (mg/L)	MUESTRA 4 (mg/L)	MUESTRA 5 (mg/L)	MUESTRA 6 (mg/L)	MUESTRA 7 (mg/L)	MUESTRA 8 (mg/L)	MUESTRA 9 (mg/L)	
LA CHONTA	0,750	0,752	0,760	0,766	0,771	0,780	0,782	0,800	0,802	0,774
GUAYABO ALTO	1,225	1,249	1,300	1,339	1,496	1,528	1,558	1,567	1,568	1,426
EL GUAYABO	0,375	0,380	0,383	0,385	0,389	0,392	0,395	0,396	0,398	0,388
LA AURELIA	1,500	1,546	1,623	1,639	1,695	1,713	1,733	1,750	1,765	1,663
EL VADO	0,673	0,686	0,695	0,723	0,734	0,750	0,769	0,776	0,785	0,732
LIMÓN PLAYA	1,364	1,376	1,398	1,445	1,456	1,499	1,544	1,558	1,569	1,468
LAS COLINAS	1,110	1,125	1,137	1,144	1,152	1,156	1,169	1,173	1,176	1,149

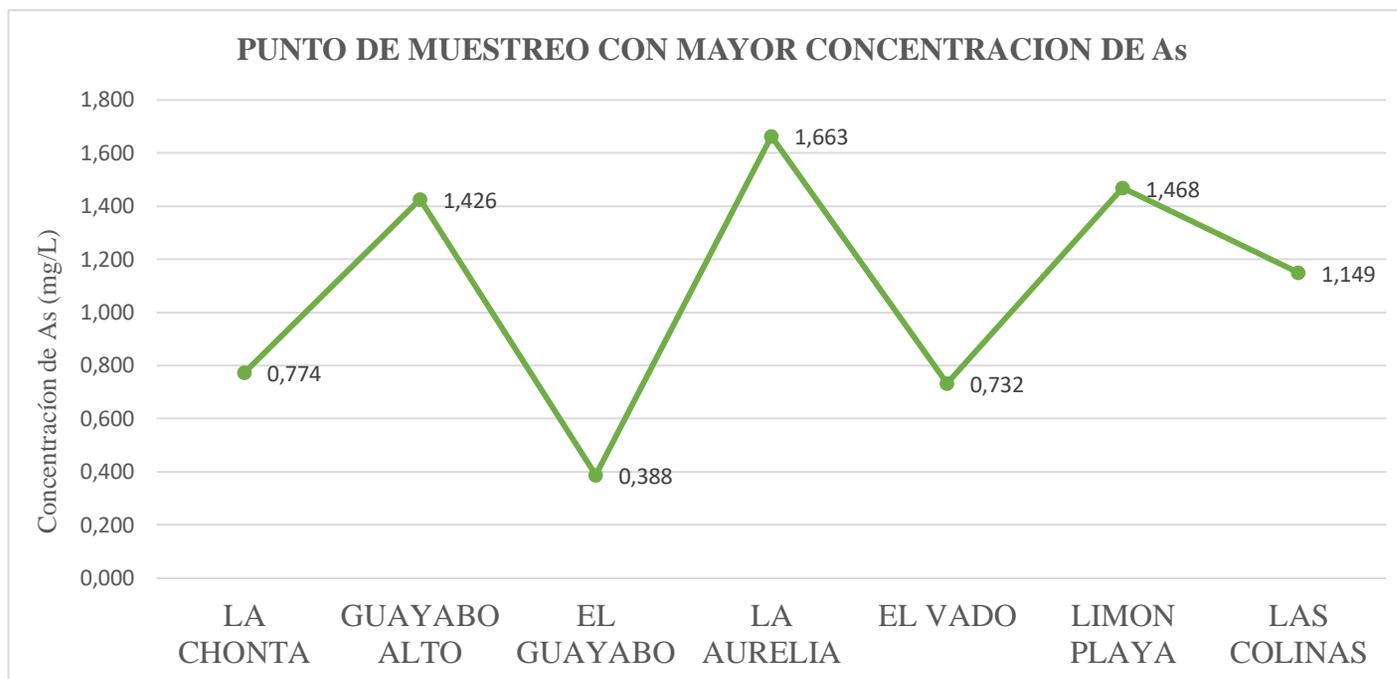


FIGURA 19: Comparación general de lecturas de concentración de As en las muestras de los diferentes puntos de muestreo.

DESCRIPCIÓN

En este grafico queda en evidencia el gran aumento de la concentración de arsénico en todos los puntos de muestreo que fueron recolectados a lo largo del río Piloto en el Cantón Santa Rosa, siendo el punto máximo en “La Aurelia” con una media de 1,663 mg/L y el punto mínimo obtenido en los análisis fue en el punto de muestreo “El Guayabo” con una media de 0,388 mg/L.

COMPARACION DE ARSÉNICO DE LAS MUESTRAS INVESTIGADAS CON LA NORMA.

TABLA 10: Comparación de la concentración de As con la Normativa Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I según los meses de toma de muestra en matrices acuosas del río Piloto.

MESES	# DE MUESTRAS	PUNTOS DE MUESTREO							MEDIA POR MUESTRA	MEDIA
		LA CHONTA	GUAYABO ALTO	EL GUAYABO	LA AURELIA	EL VADO	LIMON PLAYA	LAS COLINAS		
Dic-19	MUESTRA 1 (mg/L)	0,750	1,225	0,375	1,500	0,673	1,364	1,110	1,000	1,019
	MUESTRA 2 (mg/L)	0,752	1,249	0,380	1,546	0,686	1,376	1,125	1,016	
	MUESTRA 3 (mg/L)	0,760	1,300	0,383	1,623	0,695	1,398	1,137	1,042	
Ene-20	MUESTRA 4 (mg/L)	0,766	1,339	0,385	1,639	0,723	1,445	1,144	1,063	1,093
	MUESTRA 5 (mg/L)	0,771	1,496	0,389	1,695	0,734	1,456	1,152	1,099	
	MUESTRA 6 (mg/L)	0,780	1,528	0,392	1,713	0,750	1,499	1,156	1,117	
Feb-20	MUESTRA 7 (mg/L)	0,782	1,558	0,395	1,733	0,769	1,544	1,169	1,136	1,144
	MUESTRA 8 (mg/L)	0,800	1,567	0,396	1,750	0,776	1,558	1,173	1,146	
	MUESTRA 9 (mg/L)	0,802	1,568	0,398	1,765	0,785	1,569	1,176	1,152	

MESES	PARÁMETRO	MÉTODO	MEDIA	LÍMITE MÁXIMO NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO I.	CRITERIO
Dic-19	Arsénico	Absorción Atómica	1,019	0,05 mg/L	EXCESO
Ene-20	Arsénico	Absorción Atómica	1,093	0,05 mg/L	EXCESO
Feb-20	Arsénico	Absorción Atómica	1,144	0,05 mg/L	EXCESO

Los datos estadísticos de las concentraciones de Arsénico investigadas en las matrices acuosas del Río Piloto del Cantón Santa Rosa se encuentra fuera de los límites permisibles tanto de la OMS que permite 0,01 mg/L de Arsénico y de la Norma (Anexo 4) que establece un límite de 0,05 mg/L.

3.2 DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en la presente investigación arrojaron que las muestras de agua de los puntos de muestreo analizados se encuentran por encima del límite permisible comparándolo con la OMS 0,01 mg/L y la Norma (Anexo 13) que establece que 0,05 mg/L es la concentración de arsénico que debería tener dichas aguas.

Previamente se realizó una recolección de información en el Municipio del Cantón Santa Rosa específicamente en el Área de Gestión ambiental, en donde en los informes de estudios del año 2019 se pudo constatar datos de importancia. En el mes de febrero del año 2019 se realizaron la toma de muestras del río Piloto para lo cual se plantearon diferentes puntos de muestreo: La Chonta, La quebrada “El Panteón”, La Planta de Captación y Planta de Tratamiento de Agua Potable “Los Jardines”. Véase anexo 12.

Existe variabilidad si lo comparamos con nuestro estudio ya que el Municipio de Santa Rosa tomó como punto de partida el Sitio la Chonta realizando el muestreo a las 11H00 am, se trasladaron a la Quebrada el Panteón tomando la muestra a las 12H20 luego continuaron con el recorrido a la Planta de captación donde dicha muestra fue tomada a las 12H55 pm. Mientras que en nuestra investigación la toma de muestra se realizó a las primeras horas de la mañana, en el punto de muestreo “La Chonta” la toma se realizó a las 6 am, en el Guayabo Alto la toma fue a las 6H20 am, en el Guayabo fue a las 6H45 am, en la Aurelia fue a las 7H30 am, en el Vado a las 8H00 am, en el sitio Limón Playa a las 8H30 am y finalmente en el sitio las Colinas las tomas de muestras se realizaron a las 9H00 am.

Comparándolo con nuestro estudio varían los puntos de muestreo, pero cabe señalar que partieron del punto de muestre en el Sitio “La Chonta” continuando el recorrido bajamos por “Guayabo Alto” y seguidamente por los diferentes puntos de muestreo que son considerados Balnearios o sitios de atracción turística para los Santarroseños, se decidió realizar esta variación en los puntos de muestreo ya que no existen estudios previos en estos lugares y es de suma importancia conocer si están contaminados por la minería.

Referente al punto de muestreo “La Chonta” el departamento de Gestión Ambiental del municipio de Santa Rosa obtuvo concentraciones de arsénico equivalente a 0,0157 mg/L (Grupo Químico Marcos, 2019) que al compararlo con nuestro estudio pudimos reflejar que la concentración de este analito ha aumentado considerablemente siendo este un valor de media de 0,774 mg/L.

Nuestro estudio presenta variabilidad ya que se realizó en puntos que aun el Área de Gestión Ambiental del Municipio del Cantón Santa Rosa no ha investigado que específicamente se consideran sitios turísticos, de igual manera no se dio previo aviso de las tomas de muestras es por ello que nuestros datos reflejan niveles altos de Arsénico

Los estudios realizados por (Bolaños, 2016) en el Cantón Grecia (costa Rica) en el año 2016 arrojaron datos de contenido de arsénico 0,0014 mg/L que se ubica dentro de los parámetros permisibles por lo cual si lo comparamos con nuestro estudio podemos constatar que el Ecuador específicamente en el Cantón Santa Rosa de la provincia de El Oro se encuentra en una situación muy preocupante, ya que las muestras de nuestro estudio fueron tomadas en diferentes sitios arrojando valores que se encuentran por fuera del rango permisible, teniendo como valor mínimo 0,774 mg/L correspondiente al sitio la Chonta y valor máximo 1,663 mg/L correspondiente a el punto de muestreo “La Aurelia”.

En Perú un estudio realizado en el Rio Saucicucho-San Miguel de Algamarca-Cajabamba en el año 2018 dentro de los meses Febrero y Junio después de un descargue minero en dichas aguas del Rio se observa datos estadísticos de la concentración de arsénico muy por encima de los establecidos siendo esta concentración 17,78 mg/L (Sempértegui, et al., 2019). Nuestro estudio es similar ya que en el Cantón Santa Rosa el valor más alto de arsénico encontrado fue 1,663 mg/L ya que actualmente se está dando la actividad minera de forma indiscriminada e incontrolable contaminando así progresivamente el río, si no se controla dicha actividad las concentraciones pueden aumentar tanto como en el Perú

En el estudio antes mencionado también se realizó una investigación para observar el aumento de las concentraciones de arsénico desde el Mes de Febrero hasta Junio donde se verificó que aumentó un 0,776 mg/L mientras que en nuestro estudio la concentración de arsénico aumentó 0,125 mg/L desde el mes de Diciembre hasta Febrero.

4 CONCLUSIONES

Las concentraciones de As en las matrices acuosas de los diferentes puntos de muestreo arrojaron los siguientes datos: Sitio la Chonta 0,774 mg/L, Sitio Guayabo Alto 1,426 mg/L, Sitio el Guayabo 0,388 mg/L, Sitio la Aurelia 1,663 mg/L, Sitio El Vado 0,732 mg/L, Sitio Limón Playa 1,468 mg/L y Sitio Las Colina 1,149 mg/L.

En los meses de Diciembre 2019, Enero y Febrero 2020 la mayor concentración de Arsénico se encuentra en el sitio la Aurelia arrojando 1,663 mg/L en las matrices acuosas acorde a los resultados obtenidos.

La concentración de Arsénico en el mes de Diciembre fue 1,019 mg/L, en el mes de Enero 1,093 mg/L y Febrero 1,144 mg/L, las cuales están fuera del límite permisible comparándolas con la Norma (ANEXO 13).

Las concentraciones de Arsénico de las muestras acuosas en nuestro estudio específicamente el lugar La Chonta registran un nivel elevado (0,774 mg/L) comparado con las concentraciones del estudio realizado por el Área de Gestión Ambiental del Municipio de Santa Rosa (0,0157 mg/L) esto puede ser debido a la variabilidad por el horario de toma de muestra y el previo aviso a la comunidad.

5 RECOMENDACIONES

- a) Es recomendable conocer la técnica que se va a emplear en el estudio para evitar errores en su procedimiento.

- b) Se debe tener precaución con el manejo del equipo para evitar variar su sensibilidad en los análisis.

- c) Es necesario e indispensable trabajar con todo el equipo de bioseguridad dentro del laboratorio.

- d) Se recomienda al GAD Municipal del Cantón Santa Rosa provincia del Oro realizar estudios en personas que habitan y frecuenten estas localidades del cantón.

6 BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, Maria; Leal, Luz; Martín; Ignacio; Miranda, Silvia; Benavides, A. Arsénico En Agua, Primera.; 2014: Chihuahua, **2013**.

Ale, Diego; Villa, Guillermo; Gastañaga, M. Concentraciones De Arsénico Urinario En Pobladores De Dos Distritos De La Región Tacna, Perú, 2017. Rev. Peru. Med. Exp. En Salud Pública **2018**, 35 (2), 183–189. <https://doi.org/10.17843/Rpmesp.2018.352.3693.183>.

Asociación Toxicologica Argentina. Epidemiología Del Hisroarsenicismo Crónico Regional Endémico En La República Argentina. Primera Ed. Buenos Aires: **2006**.S.N.

Blanco, Maria, Amiotti, Nilda; Espósito, E. Arsénico En Suelos Y Sedimentos Del Sudoeste Pampeano: Origen, Acumulación En El Agua Y Riesgo Para Consumo Humano. Ciencias Del Suelo **2018**, 1 (July), 182–195.

Bibi, I.; Niazi, N. K.; Shahid, M.; Nawaz, M. F.; Farooqi, A.; Naidu, R.; Mahmudur, M.; Murtaza, G.; Lüttge, A. The Evaluation Of Arsenic Contamination Potential, Speciation And Hydrogeochemical Behaviour In Aquifers Of Punjab, Pakistan. Ecsn **2018**. <https://doi.org/10.1016/J.Chemosphere.2018.02.002>.

Bolaños, J. Determinación De Arsénico En Agua Potable Del Cantón Del Grecia. Rev. Las Sedes Reg. **2016**, 17, 1–11.

Cabrera, María Alexandra; Pinos, David; Pulla, M. Arsénico En El Agua. **2015**. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30009/1/173-635-1-Pb.Pdf> .

Cabrera, Dante; Avendaño, Edgardo; Zevallos, Daniel; Fernández, Julio; Mendoza, Z. Riesgo Ambiental Por Arsénico Y Boro En Las Cuencas Hidrográficas Sama Y Locumba De Perú. Medisan **2018**, 22 (4), 406–414.

Castelo, M. Determinación De Arsénico Y Mercurio En Agua De Consumo Del Cantón Rumiñahui Por Espectrofotometría De Absorción Atómica, Quito: **2015**.S.N.

Colón, A. Análisis De Metales Pesados En El Embalse Cerrillos De Ponce , Puerto Rico. Rev. Interam. Ambient. Y Tur. **2019**, 15, 2–13.

Covarrubias, Sergio; Peña, J. Contaminación Ambiental Por Metales Pesados En México: Problemática Y Estrategias De Fitorremediación. *Rev. Interam. Contam. Ambient.* **2017**, 33, 7–21. <https://doi.org/10.20937/Rica.2017.33.Esp01.01>.

Calle, M. B. De; Devesa, V.; Fiamegos, Y.; Vélez, D. Determination Of Inorganic Arsenic In A Wide Range Of Food Matrices Using Hydride Generation - Atomic Absorption Spectrometry . *J. Vis. Exp.* **2017**, 112 (September), 1–8. <https://doi.org/10.3791/55953>.

Espinoza, Judith; Quispe, Y. Determinación Cuantitativa De Arsénico, Cadmio Y Plomo En Maca (*Lepidium Meyenii*) Expendida En El Mercado 10 De Octubre Durante El Período De Junio – Octubre **2016** http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/713/Título_Espinoza_Dominguez_Judith.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y.

García, Francisco; Neri, Honorio; Pérez, Luz; Rivera, M. Polimorfismos Del Gen Arsénico 3 Metiltransferasa (*As3mt*) Y La Eficiencia Urinaria Del Metabolismo Del Arsénico En Una Población Del Norte De México. *Rev. Peru. Med. Exp. En Salud Pública* **2018**, 35 (1), 72–76. <https://doi.org/10.17843/Rpmesp.2018.351.3565.72>.

Idrovo, A. J.; Rivero-Rubio, C.; Amaya-Castellanos, C. Perception Of Pollution And Arsenic In Hair Of Indigenous Living Near A Ferronickel Open-Pit Mine (Córdoba, Colombia): Public Health Case Report Percepción. *Rev. La Univ. Ind. Santander* **2017**, 49 (Enero-Marzo), 115–123.

Litter, M. I.; Ingallinella, A. M.; Olmos, V.; Savio, M.; Difeo, G.; Botto, L.; Mónica, E.; Torres, F.; Taylor, S.; Frangie, S.; Et Al. Science Of The Total Environment Arsenic In Argentina : Occurrence , Human Health , Legislation And Determination. *Sci. Total Environ.* **2019**, 676, 756–766. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2019.04.262>.

Londoño-Franco, L. F.; Londoño-Muñoz, P. T.; Muñoz-García, F. G. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotechnol. En El Sect. Agropecu. Y Agroindustrial* **2016**, 14 (2), 145–153. [https://doi.org/10.18684/Bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/Bsaa(14)145-153).

López, Lorena; Diaz, S. Estimación De Riesgo Carcinógeno Por Exposición Crónica Al Arsénico A Través Del Agua De Consumo En La Puna, Jujuy. *Rev. Argentina Salud Pública* **2018**, 9, 15–21.

Guzmán, L.; Salazar, B.; Cervantes, Marible; Rocha, Diana; Moreno, Francisco, López, O. Evaluación De Daño Genotóxico Y Neurotóxico En Población Expuesta A Fluor Y Arsénico. *Rev. Mex. Ciencias Farm.* **2016**, 47, 45–50.

Medina, Maria; Robles, Pamela; Mendoza, Mónica; Torres, C. Ingesta De Arsénico: El Impacto En La Alimentación Y La Salud Humana. *Rev. Peru. Med. Exp. En Salud Pública* **2018**, 35 (1), 93–102. <https://doi.org/10.17843/Rpmesp.2018.351.3604.93>.

Mendoza-Cano, O.; Med, D. C.; Sánchez-Piña, R. A.; Amb, D. S.; Barrón-Quintana, J.; Tierra, M. C. De; Cuevas-Arellano, H. B.; Amb, D. S.; Escalante-Minakata, P.; Biot, D.; Et Al. Riesgos Potenciales De Salud Por Consumo De Agua Con Arsénico En Colima , México. *Salud Publica Mex.* **2017**, 59 (1), 34–40

Meza, M. Determinacion De Plomo Y Arsénico Por Absorción Atomica En Aguas De Rio Para Consumo Humano Provenientes De Caños Y Reservorio En El Anexo De Huancapuquio, Distrito De Chocos Provincia De Yauyos. 2017, Universidad Particular Norbert Wiener, **2018**.

Molin, Marianne; Ulven, Marie; Meltzer, Margrete; Jan, A. Arsenic In The Human Food Chain, Biotransformation And Toxicology- Review Focusing On Seafood Arsenic. *J. Trace Elem. Med. Biol.* **2015**. <https://doi.org/10.1016/J.Jtemb.2015.01.010>

Monroy-Torres, R.; Espinoza-Pérez, A. Factores Que Intensifican El Riesgo Toxicológico En Comunidades Expuestas Al Arsénico En Agua. *Biotechnol. Y Ciencias Agropecu.* **2018**, 12 (2), 148–157.

Montesdeoca, Sonia; Zamora, R. Concentración De Arsénico En Agua Y Sedimento En El Río Carrizal Del Cantón Bolívar, Provincia De Manabí, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix Lopez, **2017**.

Montoya, E.; Hernández, L.; Luévanos, M.; Balagurusamy, N. Impacto Del Arsénico En El Ambiente Y Su Transformación Por Microorganismos. *Terra Latinoam.* **2015**, 33, 103–118.

Navoni, J. & Olmos, V. Intramed. [En Línea] **2012**. Available At: <https://www.intramed.net/ContenidoVer.Asp?ContenidoId=77156> [Último Acceso: 20 Enero 2020].

Nordberg, G. Metales: Propiedades Químicas Y Toxicidad. In Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo; **2012**; Pp 63.2-63.51.

Nurchi, V. M.; Djordjevic, A. B.; Crisponi, G.; Alexander, J. Arsenic Toxicity: Molecular Targets And Therapeutic Agents. *Biomolecules* **2020**, 1–15. <https://doi.org/10.3390/Biom10020235>.

Olmos, Valentina; Ridolfi, A. Revisión Hydroarsenicism: Mechanisms Of Action Related To Arsenic Toxicity. *Acta Toxicol. Argentina* **2018**, 26 (1), 32–44.

Presidencia De La Republica. Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua. [En Línea] **2016**. Available At: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf> [Último Acceso: 29 Enero 2020].

Química,. Espectroscopia De Absorción Atómica (Aa). [En Línea] Available At: [https://dequimica.com/teoria/espectroscopia-de-absorcion-atmica-\(a-a\)](https://dequimica.com/teoria/espectroscopia-de-absorcion-atmica-(a-a)). **2017**. [Último Acceso: 20 Febrero 2020].

Ramírez, A. V. Exposición Ocupacional Y Ambiental Al Arsénico . Actualización Bibliográfica Para Investigación Científica. *An Fac Med* **2019**, 74 (3), 237–247.

Red De Seguridad Alimentaria Del Conicet,. Arsénico En Agua , Buenos Aires: **2018** S.N.

Reyes, Yulieth; Vergara, Inés; Torres, Omar; Gonzáles, E. Contaminación Por Metales Pesados : Implicaciones En Salud , Ambiente Y Seguridad Alimentaria. *Rev. Ing. Investig. Y Desarro.* **2016**, 16, 66–77.

Rocha, E., Principios Básicos De Espectroscopía. Primera Ed. México: Editorial Uach. **2000**.

Sempértégui, Cristhian; Ambrocio, Betsy; Rudas, C. Determinación De La Concentración De Mercurio, Cadmio, Arsénico Y Plomo En El Río Saucicucho Y

Efluente Minero. San Miguel De Algamarca. Cajabamba. Febrero Y Junio.2018, Facultad De Ingenieria, **2019**.

Tchernitchin, A. N.; Gaete, L. Influencia De Contaminantes Ambientales En La Gestación Humana : Causante De Patologías En El Adulto. Rev. Chil. Pediatría **2018**, 89 (6), 761–765. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062018005001203>.Shakoor, M. B.;

Villaamil, E. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico En Argentina. Acta Bioquim. Clin. En Latinoam. **2016**, 1, 83–104.

Yang, H.; Fu, H.; Lin, Y. Pathways Of Arsenic Uptake And Efficiency. In Current Topics In Membranes; Elsevier, **2019**; Vol. 69, Pp 325–358. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394390-3.00012-4>.

Wang, D.; Shimoda, Y.; Wang, S.; Wang, Z.; Liu, J.; Liu, X.; Jin, H. Total Arsenic And Speciation Analysis Of Saliva And Urine Samples From Individuals Living In A Chronic Arsenicosis Area In China. Environmental Heal. Prev. Med. **2017**, 1–9. <https://doi.org/10.1186/S12199-017-0652-5>.

7 ANEXOS



Anexo 1. Recolección de información de estudios previos realizados en el Río Piloto del Cantón Santa Rosa Provincia de El Oro, Ecuador.



Anexo 2. Recolección de información de estudios previos realizados en el Río Piloto del Cantón Santa Rosa Provincia de El Oro, Ecuador.



ANEXO 3. Toma de Muestra en el Sitio La Chonta.



ANEXO 4. Toma de Muestra en el Sitio Guayabo Alto



ANEXO 5. Toma de Muestra en el Sitio El Guayabo



ANEXO 6. Toma de Muestra en el Sitio La Aurelia



ANEXO 7. Toma de Muestra en el Sitio Limón Playa.



ANEXO 8. Preparando el Material a utilizar en los procedimientos.



ANEXO 8. Verificando que la lámpara sea la correspondiente para la Lectura del Arsénico en las matrices acuosas.



ANEXO 9. Preparando la Curva de Calibración del patrón Arsénico.



ANEXO 10. Lecturas de las muestras tomadas del Rio Piloto en los diferentes sitios del Cantón Santa Rosa



ANEXO 11. Lecturas de las muestras tomadas del Rio Piloto en los diferentes sitios del Cantón Santa Rosa

ANEXO 12: Informe del GAD municipal de Santa Rosa.

 EMAPASR-EP

Memorando-Planta-117-2019

PARA : GERENTE GENERAL SUBROGANTE.
DE : JEFE DE PLANTA DE AA. PP.
ASUNTO : RESULTADO DE ANALISIS EN LABORATORIO ACREDITADO.
FECHA : 29 DE MARZO DEL 2019.

REFERENCIA DE LO SOLICITADO:

Con fecha 29 de marzo del año en curso según MEMORANDO N° 00474 EMAPASR-EP-GG-2019, conforme consta en la fe de recibido a las 14H19 se le entrega al suscrito un sobre cerrado con el resultado de los análisis de agua natural y potable de ocho muestras enviado por GRUPO QUÍMICO MARCOS.

INFORME DEL MUESTREO DE AGUA REALIZADA EN 8 PUNTOS: 3 DE AGUA NATURAL Y 5 DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SANTA ROSA.

1.- ANTECEDENTES:

El día Jueves 28 de febrero de 2019 se procedió a realizar la toma de muestras en ocho puntos los mismos que a continuación detallo:

Punto 1.- RÍO STA. ROSA (SECTOR: "LA CHONTA").
Punto 2.- QUEBRADA "EL PANTEÓN".
Punto 3.- PLANTA DE CAPTACION.
Punto 4.- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LOS JARDINES".
Punto 5.- USUARIO: LUIS MAYA LOAYZA (Cda. Central).
Punto 6.- USUARIO: JUANA ELIZALDE (Ba. TNTE. HUGO ORTÍZ).
Punto 7.- USUARIO: LUIS FERNANDEZ (NVO. STA. ROSA: LOS CEIBOS).
Punto 8.- USUARIO: FAMILIA CONTRERAS HONORES (PTO. JELI).

Las muestras fueron tomadas por personal técnico del laboratorio GRUPO QUÍMICO MARCOS debidamente acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano -SAE, y contratado por la EMAPASR-EP para el efecto, cumpliendo el protocolo de Monitoreo.

Los análisis realizados en los ocho puntos de muestreo fueron:

- **Aniones y No Metales:** Cianuro Libre y Cianuro Total
- **Compuestos Orgánicos Volátiles:** Trihalometanos.
- **Parámetros Microbiológicos:** Coliformes Fecales, E. Coli, Cristosporidium, Giardia.

Dirección: Calle Sucre y Av. El Oro Edificio Aguirre Celi Telefax: 07 360210360251
Web: www.emapasr.gob.ec



- **Metales Totales:** Arsénico, Hierro, Cadmio, Plomo, Mercurio, Cobre y Antimonio.
- **Aceites y grasas.**
- **Sólidos Totales Disueltos, pH, Conductividad.**

2.- OBJETIVOS:

- Determinación de Coordenadas en cada punto de muestreo.
- Recolección de las muestras de agua por parte de GRUPO QUÍMICO MARCOS.
- Determinación de Parámetros anteriormente especificados.
- Identificar los posibles puntos de contaminación.

3.- DESARROLLO DEL MUESTREO:

3.1 PARTICIPANTES:

EJECUTORES DEL MUESTREO:

Mauricio Tacuri. (Analista de Campo GRUPO QUÍMICO MARCOS).
 Jhony Marquez. (Analista de Campo GRUPO QUÍMICO MARCOS).

OBSERVADORES DEL MUESTREO:

Dr. Fernando Ortega R. (Jefe de Planta de AA.PP.)
 Lcdo. José Floril Santos (RR.PP. de la EMAPASR- EP)
 Ing. Isabel Romero. (Asistente Técnico de Planta AAPP)
 Ing. Richar Samaniego (Jefe de UGA)

3.2. Actividades Realizadas

La recolección de las muestras se desarrolló el día jueves 28 de febrero de 2019 en los ocho puntos anteriormente descritos, el cual se fue desarrollando en el siguiente orden:

El Muestreo de Agua Simple y puntual en los Ocho puntos establecidos.

- El punto de partida para el muestreo fue en el Río Santa Rosa, sector “La Chonta”, la toma se efectuó a las 11H00.
- Luego nos trasladamos a la Quebrada “El Panteón”, la toma se efectuó a las 12H20.
- Continuando con el recorrido avanzamos hasta la Planta de Captación a las 12H55.

Dirección: Calle Sucre y Av. El Oro Edificio Aguirre Celi Telefax.: 07-3600210-3600251
 Web: www.emapasr.gob.ec

TABLA COMPARATIVA

	COORDENADAS GEOGRAFICAS		PARAMETROS (mg/l)								
	X	Y	ARSÉNICO	CADMIO	MERCURIO	PLOMO	HIERRO	COBRE	ANTIMONIO	CIANURO LIBRE	CIANURO TOTAL
RÍO STA. ROSA (LA CHONTA)	632623	9603650	0,0157	<0,00037	0,031	0,0036	0,0125	<0,0037	<0,0013	<0,05	<0,05
QUEBRADA "EL PANTEÓN"	635537	9602966	0,0012	0,0211	0,0114	0,0225	0,0192	<0,0037	0,0073	<0,05	<0,05
PLANTA DE CAPTACION	617427	9606386	0,022	0,0009	0,0042	<0,0008	0,0595	0,007	<0,0013	<0,05	<0,05
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	615675	9606234	0,0236	0,0011	0,004	<0,0008	<0,0047	0,016	0,0046	<0,05	<0,05
LUIS MAYA LOAYZA (Domicilio Sta. Rosa)	615210	9617525	0,0227	<0,00037	0,0085	0,0061	0,0069	<0,0037	0,0047	<0,05	<0,05
JUANA ELIZALDE (Ea. Tnte. HUGO ORTIZ)	614349	9617485	0,0205	0,0005	0,0034	0,0021	0,0142	<0,0037	<0,0013	<0,05	<0,05
LUIS FERNANDEZ (LOS CEIBOS)	615737	9618518	0,0121	<0,00037	0,0129	0,0017	<0,0047	<0,0037	<0,0013	<0,05	<0,05
EDMUNDO CONTRERAS (PTO. ELI)	611655	9622444	0,0235	<0,00037	0,0016	<0,0008	<0,0047	<0,0037	0,0123	<0,05	<0,05
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES			ARSÉNICO	CADMIO	MERCURIO	PLOMO	HIERRO	COBRE	ANTIMONIO	CIANURO LIBRE	CIANURO TOTAL
NORMA TÉCNICA INEN 1108			0,01 mg/l	0,003 mg/l	0,006 mg/l	0,01 mg/l	-	2,0 mg/l	0,02 mg/l	-	0,07mg/l
ANEXO 1, LIBRO VI TUSMA TABLA 1			0,1 mg/l	0,02 mg/l	0,009 mg/l	0,01 mg/l	1,0 mg/l	2,0 mg/l	-	-	0,1mg/l

5.- REVISIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA

5.1 Con respecto al Agua Natural:

Para correlacionar los resultados de los Parámetros de calidad del Agua de los puntos monitoreados en cada muestra, se establece como base un "Punto Blanco", el cual normalmente representa el estado inicial de la Microcuenca Alta del Río Santa Rosa determinado Sector "La Chonta" donde se presume no existe influencia antrópica.

En base al informe de los Resultados de los Análisis de Calidad del Agua, en las Muestras tomadas en la Quebrada "El Panteón" se determina que varios parámetros medidos de metales totales (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo), presentan concentraciones en valores superiores a lo establecido por la Norma de Calidad Ambiental.

Dirección: Calle Sucre y Av. El Oro Edificio Aguirre Celi Telefax.: 07-3600210-3600251
 Web: www.emapasr.gob.ec

5.2 Con respecto al Agua Potable:

- Según los resultados de los Análisis de Calidad del Agua emitidos por GRUPO QUÍMICO MARCOS se determina que los parámetros medidos: Aniones y No Metales; Parámetros Orgánicos; Trihalometanos; Parámetros Microbiológicos; Metales Totales (Fe, Cd, Pb, Cu, Sb), están por debajo de los rangos permisibles de acuerdo con la Norma.
- La presencia de Arsénico y Mercurio de las muestras de Agua Potable en Viviendas en diferentes sectores de la Ciudad, en valores superiores a lo establecido por la NTE INEN para Agua Potable, se debe a que la Planta de Tratamiento del Cantón Santa Rosa es una Planta de Tipo Convencional que no puede retener en sus procesos estos elementos. Lo cual indica que persiste el problema de las Descargas de lixiviados de las actividades extractivistas de material rocoso aurífero realizadas en la cuenca alta del río Santa Rosa, las mismas que son efectuadas de una manera anti técnica que no permiten mitigar su impacto ambiental.

6.- CONCLUSIONES:

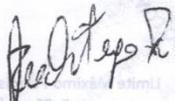
- La presencia del Arsénico en valores superiores a lo establecido en la Norma de Calidad Ambiental en las Aguas Naturales (Quebrada "El Panteón") y Aguas Tratadas (Agua Potable) es un indicativo de que están descargando directamente las aguas residuales al cauce de esta fuente hídrica (Quebrada "El Panteón"), causando alteración en la calidad del agua.
- Los lixiviados provenientes de los escombros o cajas, producto de la explotación minera subterránea los cuales por escorrentía superficial son arrastrados hasta el cauce del cuerpo hídrico y los drenajes ácidos de mina (DAM) no tratados, provenientes del interior de las minas, contienen arsénico ya que este elemento ES PROPIO DE LA MORFOLOGIA ESTRUCTURAL DEL SUBSUELO del Sector, pero la Remoción causada por las actividades de minería metálica antitécnica existentes en la MicroCuenca Alta Del Río Santa Rosa, provocan el incremento de su concentración en cantidades superiores a lo establecido por las Normas de Calidad Ambiental.
- La presencia del metal ARSÉNICO en las muestras de agua potable tomadas en diferentes domicilios de la Ciudad de Santa Rosa, ES PREOCUPANTE ya que es un metal pesado, de alta toxicidad para los seres humanos y demás formas de vida.

7.-RECOMENDACIONES:

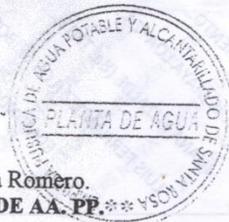
- Solicitar al SENAGUA la realización de Análisis de Calidad del Agua de la Microcuenca Alta del Río Santa Rosa, Afluentes, Planta de Captación, Planta de Tratamiento de Agua Potable y Domicilios de la Ciudad de Santa Rosa.
- Realizar un Nuevo Monitoreo de toma de Muestras para Análisis de los Parámetros Arsénico y Mercurio en los puntos donde sus valores están por encima de la Norma y que sean analizada en otros Laboratorios Acreditados por la SAE, para realizar la respectiva Comparación.
- Se recomienda que la Unidad de Gestión Ambiental realice el seguimiento y control a las actividades mineras que se vienen desarrollando en la cuenca alta del río Santa Rosa con el fin de minimizar los impactos y además se tomen acciones de manera articulada con los diferentes organismos de control.
- **EN EL FUTURO BUSCAR OTRA FUENTE DE ABASTECIMIENTO;** para lo cual se debería de considerar en el presupuesto del siguiente año los estudios de diseño y factibilidad para la captación y conducción de una nueva Planta de Captación.
- Se recomienda el incremento de Muestras Semestral a Cuatrimestre.
- Poner en conocimiento el presente informe a las Instituciones competentes como GAD MUNICIPAL DE SANTA ROSA, ARCOM, MAE, SENAGUA, para que actúen de acuerdo a sus competencias por esta afectación Ambiental, producto de las Actividades Antrópicas.

Adjunto, Copias Resultados de Análisis del Laboratorio GRUPO QUIMICO MARCOS.

Atentamente,

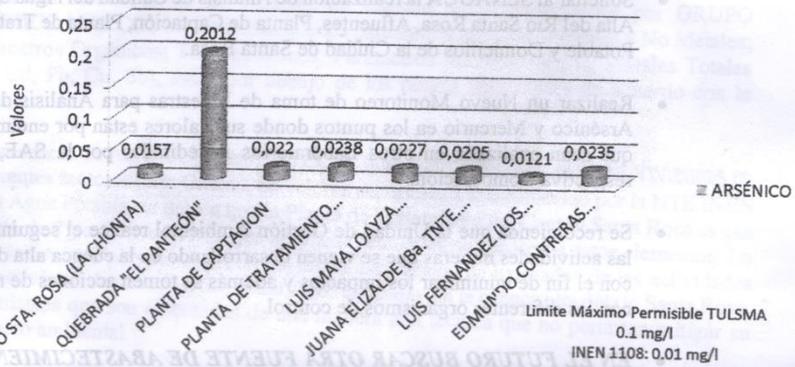


Dr. Fernando Ortega Romero.
JEFE DE PLANTA DE AA-PP
CC. ARCHIVO

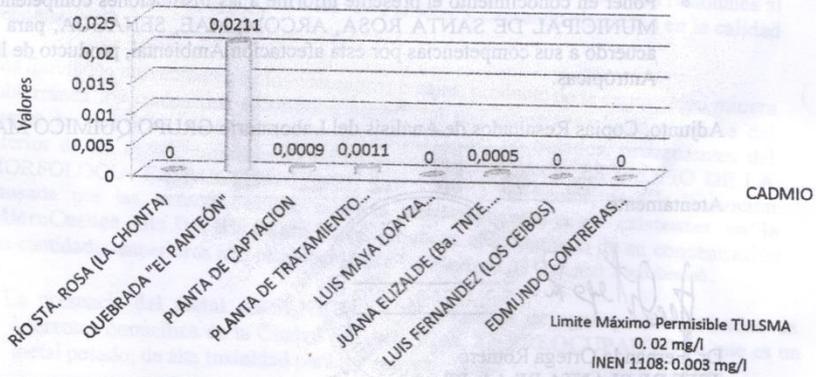


Dirección: Calle Sucre y Av. El Oro Edificio Aguirre Celi Telefax.: 07-3600210-3600251
Web: www.emapasr.gob.ec

PARAMETRO ARSÉNICO



PARAMETRO CADMIO



Dirección: Calle Sucre y Av. El Oro Edificio Aguirre Celi Telefax.: 07-3600210-3600251
Web: www.emapasr.gob.ec



EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTON SANTA ROSA EMAPASR EP
Representante Legal: CASTILLO ORDINOLA YADIRA GRIMANESA
Dirección: EL ORO S/N Y SUCRE, Tel. 2943985
Atención: Dr. Fernando Ortega

Guayaquil, 26 DE MARZO DEL 2

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 2019/02/28 / 11:00 / EL ORO - SANTA ROSA - RIO SANTA ROSA * LA CHONTA
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2019/02/28 / 21:12
Punto e identificación de la Muestra: AGUA NATURAL DEL RIO SANTA ROSA * LA CHONTA *
Matriz de la muestra: Agua Natural -
Muestreado Por/Muestreador/Tipo de Muestreo: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA / Jlopez / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: 9603641 17M0632832
Norma Técnica de muestreo: INEN 2169-2176: 2013 - PG-GQM-09
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

PLM de acuerdo a la Norma

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DE TULSMA ACUERDO 097-A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO

INORGANICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Cianuro Libre (1)	<0,05	mg/l	---	---	---	---
Cianuro Total (3)	<0,050	mg/l	---	0,1	PEE-GQM-FQ-15	2019/03/12 DF

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Trihalometanos (1)	<0,01	mg/l	---	---	---	---

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes Fecales (1)	---	---	---	---	HACH	2019/03/01 NS
Escherichia Coli-NMP	17,1	NMP/100 ml	---	1000	PEE-GQM-MB-69	2019/02/28 SP
Cryptosporidium (1)	---	NMP/100ml	---	---	---	---
Giardia Lambia (1)	Ausencia	#quistes/l	---	---	PEE-GQM-MB-38	2019/02/28 SP
	Ausencia	#quistes/l	---	---	9711 B/C	2019/03/11 FM
					9711 B/C	2019/03/11 FM

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico (3)	---	---	---	---	---	---
Hierro (3)	0,0157	mg/l	0,0024	0,1	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
Cadmio (3)	0,0125	mg/l	0,0035	1	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
Plomo (3)	<0,00037	mg/l	---	0,02	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
Mercurio	0,0036	mg/l	0,0006	0,01	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
Cobre (3)	0,031	mg/l	0,0090	0,006	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
Antimonio (3)	<0,0037	mg/l	---	2	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/01 ER
	<0,0013	mg/l	---	---	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/14 ER

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas (3)	<0,44	mg/l	---	0,3	PEE-GQM-FQ-03	2019/03/08 NS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Sólidos Disueltos Totales	---	---	---	---	---	---
DATOS DE MUESTREO	31	mg/l	3	---	PEE-GQM-FQ-23	2019/03/01 DF

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrogeno, in situ	8,27	---	---	6 - 9	PEE-GQM-FQ-41	2019/02/28 LT

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Conductividad Eléctrica	46,8	us/cm	5,1	---	PEE-GQM-FQ-13	2019/03/01 DF

SIMBOLOGÍA:
--- No. Aplica
<LD No Detectable
N.E. No Efectuado
NOMENCLATURA:
(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 3 Manual de Calidad de GQM
(3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

[Firma]
Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

[Firma]
Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



EMPRESA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTON SANTA ROSA EMAPASR EP
Representante Legal: CASTILLO ORDINOLA YADIRA GRIMANESA
Dirección: EL ORO 5/N Y SUCRE, Tel. 2948985
Atención : Dr. Fernando Ortega

Guayaquil, 26 DE MARZO DEL 2019

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 2019/02/28 / 12:20 / EL ORO - SANTA ROSA - QUEBRADA " EL PANTEON "
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2019/02/28 / 21:12
Punto e Identificación de la Muestra: AGUA NATURAL DE LA QUEBRADA " EL PANTEON "
Matriz de la muestra: Agua Natural
Muestreo Por/Muestreador/Tipo de Muestreo: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA / Jopez / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: 9602915 17M0626479
Norma Técnica de muestreo: INEN 2169-2176: 2013 - PG-QQM-09
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

LPM de acuerdo a la Norma ANEXO 1 DEL LIBRO VI DE TULSMA ACUERDO 097-A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO

INORGANICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Cianuro Libre (1)	<0,05	mg/l	---	---	PEE-GQM-FQ-15	2019/03/12 D
Cianuro Total (3)	<0,050	mg/l	---	0,1	PEE-GQM-FQ-15	2019/03/12 D

COMPONENTES ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Trihalometanos (1)	0,03	mg/l	---	---	HACH	2019/03/12 D

MICROBIOLOGÍA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes Fecales (1)	11	NMP/100 ml	---	1000	PEE-GQM-MB-69	2019/03/12 D
Escherichia Coli-NMP	11	NMP/100ml	---	---	PEE-GQM-MB-69	2019/03/12 D
Cryptosporidium (1)	Ausencia	#quistes/l	---	---	9711 B/C	2019/03/12 D
Giardia Lambia (1)	Ausencia	#quistes/l	---	---	9711 B/C	2019/03/12 D

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Arsenico	0,2012	mg/l	0,0302	0,1	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Hierro (3)	0,0192	mg/l	0,0054	1	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Cadmio	0,0211	mg/l	0,0044	0,02	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Plomo (3)	0,0225	mg/l	0,0041	0,01	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Mercurio	0,0114	mg/l	0,0033	0,006	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Cobre (3)	<0,0037	mg/l	---	2	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D
Antimonio (3)	0,0073	mg/l	0,0015	---	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas (3)	0,57	mg/l	0,05	0,3	PEE-GQM-FQ-33	2019/03/12 D

AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Sólidos Disueltos Totales	520	mg/l	57	---	---	---

DATOS DE MUESTREO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrogeno, in situ (3)	2,85	---	0,07	---	---	---

FISICOQUIMICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	L.M.P.	MÉTODO	ANALIZADO POR
Conductividad Electrica	786	us/cm	86,5	---	---	---

SIMBOLOGÍA:

--- No. Aplica
<LD Menor al Limite Detectable
N.E. No Efectuado
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 del Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.net/ec

Fernando Marcós V.
Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su

ANEXO 13: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recursos agua.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA

LIBRO VI ANEXO 1

0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

1 OBJETO

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

2 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y las que a continuación se indican:

2.1 Agua costera

LIBRO VI

ANEXO 1

286



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Es el agua adyacente a la tierra firme, cuyas propiedades físicas están directamente influenciadas por las condiciones continentales.

2.2 Agua marina

Es el agua de los mares y se distingue por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional, las aguas marinas interiores y las de lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente.

2.3 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

2.4 Aguas pluviales

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

2.5 Agua dulce

Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.

2.6 Agua salobre

Es aquella que posee una salinidad entre 0.5 y 30 UPS.

2.7 Agua salina

Es aquella que posee una salinidad igual o superior a 30 UPS.

2.8 Aguas de estuarios

Son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde la concentración de cloruros es de 250 mg/l o mayor durante los caudales de estiaje.

2.9 Agua subterránea

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.10 Aguas superficiales

Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.

2.11 Agua para uso público urbano

Es el agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

2.12 Bioacumulación

Proceso mediante el cual circulan y se van acumulando a lo largo de la cadena trófica una serie de sustancias tóxicas, las cuales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas en un determinado nivel.

2.13 Bioensayo acuático

Es el ensayo por el cual se usan las respuestas de organismos acuáticos, para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

2.14 Capacidad de asimilación

Propiedad que tiene un cuerpo de agua para recibir y depurar contaminantes sin alterar sus patrones de calidad, referido a los usos para los que se destine.

2.15 Caracterización de un agua residual

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

2.16 Carga promedio

Es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio, determinados en el mismo sitio.

2.17 Carga máxima permisible

Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.41 Toxicidad en agua

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

2.42 Toxicidad crónica

Es la habilidad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos en un período extenso, usualmente después de exposiciones continuas o repetidas.

2.43 Tratamiento convencional para potabilizar el agua

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

2.44 Tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado

Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

Tratamiento primario.- Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

Tratamiento secundario.- Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

El tratamiento secundario generalmente está precedido por procesos de depuración unitarios de tratamiento primario.

2.45 Tratamiento Avanzado para efluentes, previo descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado

Es el tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes.

2.46 UPS

Unidad práctica de salinidad y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilo de agua.

2.47 Usuario



PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA

3.2 Criterios generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - a) Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b) Descarga a un cuerpo de agua marina.

4 DESARROLLO

4.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.
- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia.

4.1.20 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

4.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

4.1.1.2 Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 1):

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniaco	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Continua...